

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

Priority Doc.
E. Willis
4-4-02

JC997 U.S. PTO

10/003048



12/06/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 7月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-219519

出 願 人

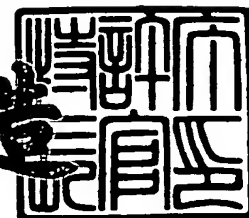
Applicant(s):

富士通株式会社

2001年 9月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3083349

【書類名】 特許願

【整理番号】 0140166

【提出日】 平成13年 7月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 27/00
G06F 3/00

【発明の名称】 入出力インタフェースおよび半導体集積回路

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 松崎 康郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 篠▲崎▼ 直治

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704947

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 入出力インタフェースおよび半導体集積回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の信号線上をそれぞれ伝達される複数の信号の遷移エッジのタイミングの順序によって、論理値を表現することを特徴とする入出力インタフェース。

【請求項 2】 請求項 1 記載の入出力インタフェースにおいて、
前記信号は、複数の遷移エッジを有しており、
前記論理値は、前記信号の前記各遷移エッジのタイミングの順序を組み合わせて表現されることを特徴とする入出力インタフェース。

【請求項 3】 請求項 2 記載の入出力インタフェースにおいて、
前記信号は、パルス信号であり、
前記論理値は、前記パルス信号の遷移エッジのタイミングの順序を用いて表現されることを特徴とする入出力インタフェース。

【請求項 4】 遷移エッジのタイミングが互いに異なる複数のタイミング信号を生成するタイミング信号生成回路と、
論理値に応じて、前記タイミング信号のいずれかを複数の信号線毎に選択する選択回路と、
選択した前記タイミング信号にそれぞれ同期して信号を生成し、生成した前記信号を出力する出力回路を有する送信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 5】 複数の信号線を介してそれぞれ伝達される複数の信号における遷移エッジのタイミングの順序を比較する比較回路と、
前記比較回路での比較結果に基づいて論理値を生成する論理値生成回路とを有する受信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 6】 信号線上を伝達される信号の遷移エッジと基準タイミング信号の遷移エッジとの時間差によって、論理値を表現することを特徴とする入出力インタフェース。

【請求項 7】 請求項 6 記載の入出力インタフェースにおいて、

複数ビットで表現される論理値をそれぞれ所定の遅延時間に変換し、基準タイミング信号に対して前記遅延時間だけ遅れた前記信号を前記信号線に出力する送信回路と、

前記信号線を介して伝達される前記信号の遷移エッジの前記基準タイミング信号に対する遅延時間を検出し、この遅延時間に応じて論理値を生成する受信回路とを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【請求項 8】 請求項 7 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路および前記受信回路は、複数の半導体チップ上にそれぞれ形成され、

前記各半導体チップは、

前記信号を他の前記半導体チップから受信するときに、前記他の半導体チップが出力する前記信号および前記基準タイミング信号をそれぞれ受信する第 1 入力回路および第 2 入力回路と、

前記信号を他の前記半導体チップに送信するときに、外部クロック信号に基づいて前記基準タイミング信号を生成する信号生成回路および前記信号を出力する第 1 出力回路とを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【請求項 9】 複数ビットで表現される論理値をそれぞれ所定の遅延時間に変換し、基準タイミング信号に対して前記遅延時間だけ遅れた前記信号を信号線に出力する送信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 10】 信号線を介して伝達される信号の遷移エッジの基準タイミング信号に対する遅延時間を検出し、この遅延時間に応じて論理値を生成する受信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路間あるいは半導体集積回路内において信号を送受信するための入出力インタフェースに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の入出力インタフェースでは、2進数に対応させて信号線を高レベルまたは低レベルに変化させることで、信号が送受信されていた。この場合、1本の信号線で1ビットのデータが伝送される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

この種の入出力インタフェースでは、伝送する信号のビット数に応じて信号線の本数が増えるため、伝送量を増やすほど、半導体集積回路のチップサイズが増大し、あるいはシステム基板の面積が増大するという問題あった。また、信号線にデータを入出力する入出力回路は各ビット毎に必要である。このため、信号線の数が増えると、入出力回路の数が増え、スイッチングによる充放電電流が増加するという問題があった。すなわち、データのビット幅が増加するほど消費電流が増加してしまう。特に、バッテリーを電源とする携帯電話等の携帯機器において、扱うデータ量が大幅に増大してきている。データ量の増大は、これ等携帯機器の動作時間に大きく影響するため、大きな問題である。

【0004】

1本の信号線に複数ビットのデータを伝送する技術として、特開平5-227035号公報および特開平10-107684号公報が開示されている。特開平5-227035号公報では、パルス信号のパルス幅および遷移エッジのタイミングの組み合わせで論理値が表現される。しかしながら、2ビットのデータを表現するのに4つのパラメータT1-T4を必要とするため、送信回路および受信回路の構成は複雑になる。また、パラメータT1-T4毎にタイミング余裕が必要になるため、送信回路および受信回路のタイミング設計は難しい。このため、パルス信号のサイクル時間を大きくする必要がある。

【0005】

特開平10-107684号公報では、スペクトル拡散通信方式において、時間的に隣接するフレーム信号の発生する時間差によって、デジタルデータを表現している。一般に、この種の伝送方式は、送受信回路が複雑であり、消費電力も大きい。

本発明の目的は、少ない信号線で大量のデータを伝送できる入出力インタフェ

ースおよび半導体集積回路を提供することにある。

【0006】

本発明の別の目的は、データ転送レートを下げることなく信号線の数減らすことで、入力回路および出力回路の数減らし、消費電力を削減することにある。

本発明のさらなる別の目的は、データ転送レートを下げることなく信号線の数減らすことで、信号線の配線領域を削減することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1の入出力インタフェースでは、複数の信号線上をそれぞれ伝達される複数の信号の遷移エッジのタイミングの順序によって、論理値を表現される。このため、遷移エッジのタイミングの組み合わせによって、少ない信号線で大量のデータを伝送できる。1回の信号の送信で大量のデータを伝送できるため、データの転送レートを大幅に向上できる。

信号線の本数が少なくて済むため、信号の出力回路（出力バッファ）の数および入力回路（入力バッファ）の数減らすことができる。動作する回路が少なくなるため、信号の送信側および受信側の双方において、消費電力を小さくできる。また、信号線の本数が少なくて済むため、信号線の配線領域を小さくできる。

【0008】

遷移エッジのタイミングの差（相対値）で論理を表現できるため、基準信号は必要ない。すなわち、基準信号を信号の送信側および受信側で同期させる必要がない。このため、信号の送信回路および受信回路の構成を簡易にできる。

また、信号を送信する回路および信号を受信する回路とを別の半導体チップ上に形成することで、半導体チップ間を配線される信号線の数減らすことができる。例えば、半導体チップがプリント基板上に実装される場合、プリント基板の信号線領域を小さくできる。この結果、プリント基板が小さくなるため、システムを小型化でき、システムのコストを低減できる。

【0009】

信号を送信する回路および信号を受信する回路とを同じ半導体チップ上に形成

することで、半導体チップ内の配線領域を小さくできる。この結果、半導体チップのチップサイズが小さくなり、チップコストを低減できる。

請求項2の入出力インタフェースでは、信号の複数の遷移エッジを使用し、論理値が信号の各遷移エッジのタイミングの順序を組み合わせて表現されるため、より大量のデータを伝送できる。

【0010】

請求項3の入出力インタフェースでは、パルス信号の遷移エッジのタイミングの順序を用いて論理値が表現される。この場合、パルス信号の前エッジまたは後エッジのみを使用してもよく、パルス信号の前エッジおよび後エッジの両方を使用してもよい。パルス信号の前エッジおよび後エッジの両方を使用する場合、4本の信号線で576通りの論理を表現できる。これは、2進データの9ビット（512通り）を超えるものである。信号線を3本以上で構成することで、2進データをそのまま伝送するより効率が高くできる。特に、データまたはアドレス等のように、一般にビット数の多い信号に本発明を適用すると、バス線の本数を大幅に削減することが可能になるため、消費電力の大幅な削減および装置の小型化が達成される。

【0011】

請求項4の半導体集積回路では、送信回路は、複数の遅延段が縦続接続された遅延回路、選択回路、およびエッジ生成回路を有している。遅延回路は、初段の遅延段で基準信号を受け、各遅延段から基準信号を遅延させたタイミング信号を出力する。選択回路は、タイミング信号のいずれかを論理値に応じて信号線毎に選択する。エッジ生成回路は、選択されたタイミング信号に同期して、信号の遷移エッジを生成する。このように、簡易な論理回路を構成することで、大量のデータを伝送できる。

【0012】

パルス信号の前エッジおよび後エッジの両方の組み合わせで論理を表現する場合、前エッジ用および後エッジ用のタイミング信号をそれぞれ出力する遅延回路と、前エッジ用および後エッジ用の選択回路を形成すればよい。例えば、エッジ生成回路に、オープンドレインタイプの出力トランジスタを形成することで、バ

ス線に複数の送信回路を接続できる。送信回路に論理値をデコードするデコーダを形成することで、選択回路は、デコーダのデコード結果に応じて容易にタイミング信号を選択できる。

【 0 0 1 3 】

請求項 5 の半導体集積回路では、受信回路は、複数の比較器を含む比較回路およびデコーダを含む論理値生成回路を有している。比較回路は、信号の遷移エッジのタイミングの順序を比較する。比較器は、互いに異なる 2 つの信号を受けるフリップフロップ等で構成できる。論理値生成回路は、デコーダ比較回路での比較結果をデコードし、デコード結果に基づいて論理値を生成する。この際、受信回路は、送信回路が転送した元の論理値を復元してもよく、送信回路が転送した論理値とは異なる論理値（例えば反転論理）を生成してもよい。このように、簡易な論理回路を構成することで、大量のデータを伝送できる。

【 0 0 1 4 】

請求項 6 の入出力インタフェースでは、信号線上を伝達される信号の遷移エッジと基準タイミング信号の遷移エッジとの時間差によって、論理値が表現される。このため、1 本の信号線で複数ビットの論理値を伝送できる。すなわち、少ない信号線で大量のデータを伝送できる。1 回の信号の送信で大量のデータを伝送できるため、データの転送一トを大幅に向上できる。したがって、信号線の本数を従来に比べ減らすことができる。信号線の本数が少なくて済むため、信号の出力回路（出力バッファ）の数および入力回路（入力バッファ）の数を減らすことができる。動作する回路が少なくなるため、信号の送信側および受信側の双方において、消費電力を小さくできる。また、信号線の本数が少なくて済むため、信号線の配線領域を小さくできる。

【 0 0 1 5 】

請求項 7 の入出力インタフェースおよび請求項 9、10 の半導体集積回路では、送信回路は、複数ビットで表現される論理値をそれぞれ所定の遅延時間に変換する。論理値は、基準タイミング信号に対して遅延時間だけ遅れた信号として信号線に出力される。受信回路は、信号線を介して伝達される信号の遷移エッジの基準タイミング信号に対する遅延時間を検出し、この遅延時間に応じて論理値を

生成する。送信回路は、論理値に応じた遅延時間だけ信号を遅らせればよい。受信回路は、信号の基準タイミング信号に対する遅延時間を検出するだけで論理値を生成できる。したがって、簡易な送信回路で論理値を信号に変換し、簡易な受信回路で信号を論理値に変換できる。受信回路は、送信回路が転送した元の論理値を復元してもよく、送信回路が転送した論理値とは異なる論理値（例えば反転論理）を生成してもよい。特に、データまたはアドレス等のように、一般にビット数の多い信号に本発明を適用すると、バス線の本数を大幅に削減することが可能になるため、消費電力の大幅な削減および装置の小型化が達成される。

【 0 0 1 6 】

例えば、送信回路に可変遅延回路を形成し、論理値に応じて可変遅延回路の遅延時間を変更することで、送信する信号を生成してもよい。また、受信回路において、基準タイミング信号と位相の異なる複数のタイミング信号を生成する遅延回路と、受信した信号の位相とタイミング信号の位相とをそれぞれ比較し、信号の基準タイミング信号に対する遅延時間を検出する比較回路とを形成することで、容易に論理値に生成できる。このとき、比較回路に、信号を上記タイミング信号でそれぞれラッチする複数のラッチ回路を形成することで、信号の位相を、ラッチ回路にそれぞれラッチされる論理レベルによって表現できる。さらに、比較回路に簡易なエンコーダを形成することで、ラッチ回路にラッチされた論理レベルに基づいて論理値を生成できる。

【 0 0 1 7 】

送信回路と受信回路とを別の半導体チップ上に形成することで、半導体チップ間を配線される信号線の本数を減らすことができる。例えば、半導体チップがプリント基板上に実装される場合、プリント基板の信号線領域を小さくできる。この結果、プリント基板が小さくなるため、システムを小型化でき、システムのコストを低減できる。

【 0 0 1 8 】

送信回路および受信回路を同じ半導体チップ上に形成することで、半導体チップ内の配線領域を小さくできる。この結果、半導体チップのチップサイズが小さくなり、チップコストを低減できる。

請求項 8 の入出力インタフェースでは、送信回路および受信回路が、複数の半導体チップ上にそれぞれ形成されるため、少ない信号線でデータの送受信ができる。このとき、各半導体チップには、例えば、信号の受信用として、他の半導体チップが出力する信号および基準タイミング信号をそれぞれ受信する第 1 入力回路および第 2 入力回路が形成され、信号の送信用として、信号を出力する第 1 出力回路、外部クロック信号に基づいて基準タイミング信号を生成する信号生成回路、および基準タイミング信号を外部に出力する第 2 出力回路が形成される。

【 0 0 1 9 】

このとき、第 1 入力回路の入力および第 1 出力回路の出力を共通の外部端子に接続し、信号線を双方向にすることで、さらに信号線の本数を削減できる。同様に、第 2 入力回路の入力および第 2 出力回路の出力を共通の外部端子に接続し、基準タイミング信号の信号線を双方向にすることで、さらに信号線の本数を削減できる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の基本原理を示している（請求項 1 ないし請求項 5 に対応する）。ここでは、4 本のデータバス線（信号線）DA、DB、DC、DDを使用して装置 1 0 から装置 1 2 にデータを伝送する例について説明する。

装置 1 0 のデータの送信回路 1 4 は、低レベルのパルス（以下、L パルスと称する）をデータバス線 DA、DB、DC、DD に出力する。データの論理値は、L パルスにおける遷移エッジのタイミングの順序で表現される。すなわち、L パルスの前エッジ（ダウンエッジ）の組み合わせで 2 4 通りの論理が表現され、L パルスの後エッジ（アップエッジ）の組み合わせでさらに 2 4 通りの論理が表現される。前エッジと後エッジの組み合わせること、576 通りの論理を表現できる。これは、2 進データの 9 ビット（512 通り）を超えるものである。換言すれば、本発明では、4 本のデータバス線 DA、DB、DC、DD を使用するだけで 9 ビット以上のデータを送信できる。

【 0 0 2 1 】

データバス線DA-DDに出力される信号の前エッジ間の最小間隔および後エッジ間の最小間隔は、 $tD1$ に設定され、最も近接する前エッジと後エッジの間隔は、 $tD2$ に設定されている。このように、データバス線DA-DDに出力される信号の前エッジ同士および後エッジ同士は、一致することではなく、かつ最も近接する前エッジおよび最も近接する後エッジは、それぞれ間隔 $tD1$ を有している。間隔 $tD1$ は、遷移エッジの順序を判定可能な値に設定され、間隔 $tD2$ は、最もパルス幅の小さい信号においても前エッジおよび後エッジを識別可能な値に設定されている。具体的には、間隔 $tD1$ 、 $tD2$ は、送信回路114、受信回路16、および伝送路（この例では、データバス線DA-DD）の特性に応じて設定される。

【0022】

一方、装置12のデータの受信回路16は、データバス線DA、DB、DC、DDを介して転送される信号の前エッジおよび後エッジのタイミングの順序を判定し、論理値を生成する。ここで、受信回路16は、装置10で扱われる論理値（元の論理値）を復元してもよく、装置12で扱う固有の論理値（例えば、元の論理値の反転データ）を生成してもよい。

【0023】

信号の遷移エッジの相対的な順序で論理を表現するため、装置10、12間において、基準信号等を使用して伝達する信号の同期を取る必要はない。したがって、装置10のデータ送信回路14および装置12のデータ受信回路16のタイミング設計が容易になる。データバス線上を伝達される信号のスキューの問題は、データバス線の配線長を揃えることで容易に解決できる。この結果、簡易な送信回路14および受信回路で、大量のデータを確実に伝達できる。

【0024】

なお、パルス信号の前エッジおよび後エッジの順序で論理を表現する場合、5本のデータバス線を使用することで、14400通り $((5 \times 4 \times 3 \times 2)^2)$ の論理を表現できる。これは、2進データの13ビット（8192通り）を超えるものである。

図2ないし図12は、本発明の入出力インタフェースおよび半導体集積回路の第1の実施形態を示している。この実施形態は、請求項1ないし請求項5に対応

している。図において複数本で構成される信号線は、太線で示している。

【 0 0 2 5 】

入出力インタフェースは、図 1 に示した装置 1 0 のデータ送信回路 1 4、装置 1 2 のデータ受信回路 1 6、および装置 1 0 から装置 1 2 にデータを転送するデータバス DA、DB、DC、DD により構成されている。例えば、装置 1 0 は、マイクロコンピュータであり、装置 1 2 は、DRAM 等の半導体メモリデバイスである。すなわち、装置 1 0、1 2 は、別の半導体チップとして、システム基板等を実装されている。装置 1 0、1 2 間には、図 1 に示した以外にも制御信号、アドレス信号を伝達する信号線が配線されている。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、装置 1 0 の送信回路 1 4 の詳細を示している。送信回路 1 4 は、プリデコーダ 1 8、遅延回路 2 0、選択回路 2 2、2 4、およびエッジ生成回路 2 6 を有している。

プリデコーダ 1 8 は、9 ビットの論理値 D8-D0 をデコードし、デコード信号を出力している。

【 0 0 2 7 】

遅延回路 2 0 は、縦続接続された 7 つの遅延段 2 0 a を有している。初段の遅延段 2 0 a は、基準信号 STD を受けている。基準信号 STD は、高レベルのパルス信号である。各遅延段 2 0 a は、基準信号 STD を順次遅延させ、タイミング信号 N2-N8 として出力している。また、遅延回路 2 0 は、基準信号 STD をタイミング信号 N1 として出力している。すなわち、遅延回路 2 0 は、遷移エッジの互いに異なる複数のタイミング信号 N1-N8 を生成するタイミング信号生成回路として動作する。遅延段 2 0 a 内の記号 tD1、tD2 は、それぞれ図 1 の間隔（遅延段 2 0 a の遅延時間）を示している。

【 0 0 2 8 】

選択回路 2 2 は、送信回路 1 4 が出力する L パルス信号の前エッジのタイミングを設定する回路である。選択回路 2 2 は、デコーダ DEC1-DEC4 およびセレクタ SEL1-SEL4 を有している。デコーダ DEC1-DEC4 は、デコード信号を使用してセレクタ SEL1-SEL4 を動作させる選択信号を生成する。デコーダ DEC1-DEC4 の論理は、後

述する変換テーブルに従って決められている。各セクタSEL1-SEL4は、選択信号に応じてタイミング信号N1-N4をノードNDD、NCD、NBD、NADのいずれかに出力する。

【 0 0 2 9 】

選択回路 2 4 は、送信回路 1 4 が出力する L パルス信号の後エッジのタイミングを設定する回路である。選択回路 2 4 は、デコーダDEC5-DEC8およびセクタSEL5-SEL8を有している。デコーダDEC5-DEC8は、デコード信号を使用してセクタSEL5-SEL8を動作させる選択信号を生成する。デコーダDEC5-DEC8の論理は、後述する変換テーブルに従って決められている。各セクタSEL5-SEL8は、選択信号に応じてタイミング信号N5-N8をノードNDD、NCD、NBD、NADのいずれかに出力する。ノードNDD、NCD、NBD、NADは、それぞれデータバス線DD、DC、DB、DAに対応するノードである。

【 0 0 3 0 】

エッジ生成回路 2 6 は、ノードNDD、NCD、NBD、NADにそれぞれ対応する 4 つのエッジ生成部 2 6 a を有している。エッジ生成部 2 6 a は、ノードNDD、NCD、NBD、NADに伝達されたタイミング信号N1-N4にそれぞれ同期して、データバス線DD、DC、DB、DAに出力する L パルス信号の前エッジを生成する。また、エッジ生成部 2 6 a は、ノードNDD、NCD、NBD、NADに伝達されたタイミング信号N5-N8にして、データバス線DD、DC、DB、DAに出力する L パルス信号の後エッジを生成する。

【 0 0 3 1 】

図 3 は、図 2 のプリデコーダ 1 8 の詳細を示している。プリデコーダ 1 8 は、論理値D8-D7に応じて 4 つのデコード信号を生成するデコード回路と、論理値D6-D5に応じて 4 つのデコード信号を生成するデコード回路と、論理値D4に応じて 2 つのデコード信号を生成するデコード回路と、論理値D3に応じて 2 つのデコード信号を生成するデコード回路と、論理値D2-D1に応じて 4 つのデコード信号を生成するデコード回路と、論理値D0に応じて 2 つのデコード信号を生成するデコード回路とを有している。図中の記号"/"は、負論理を示している。各デコード回路は、論理値（例えばD8-D7）が図中の枠内に示した論理であるときに、対応す

るデコード信号を高レベルにする。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、9 ビットの論理値 D8-D0 をデータバス線 DA-DD に出力する L パルス信号に変換するための変換テーブルを示している。“エッジの順番”は、データバス線 DA-DD に出力する L パルス信号の前エッジまたは後エッジのタイミングの順序を示している。例えば、番号 0 の “ABCD” は、データバス線 DA、DB、DC、DD の順に L パルス信号の前エッジ（または後エッジ）が変化することを示し、番号 7 の “BADC” は、データバス線 DB、DA、DD、DC の順に L パルス信号の前エッジ（または後エッジ）が変化することを示している。

【 0 0 3 3 】

本実施形態では、図 1 で説明したように、4 本のデータバス線 DA-DD を使用してデータを転送する。このため、L パルス信号の前エッジおよび後エッジの組み合わせは、番号 0 から番号 23 までそれぞれ 2 4 通りある。4 つの L パルス信号では、576 通りの論理値を表現できる。しかし、この値は、2 進数では表現できない。実際に転送するデータは、512 通り（9 ビット）であるため、図に示した論理 L1 と論理 L2 を使用し、論理値 D8-D0 に応じてセレクタ SEL1-SEL8 を動作させるための制御信号を生成している。図中の “11bar” は、論理値 D8-D7 が “11” 以外であることを示している。

【 0 0 3 4 】

論理 L1 は、論理値 D8-D0 が “000000000” - “101111111” のときに使用され、論理 L2 は、論理値 D8-D0 が “110000000” - “111111111” のときに使用される。例えば、論理値 D8-D0 “001011000” は、論理 L1 に含まれる。このため、図中太い実線で示したように、前エッジの順番は、番号 5 の “ADCB” になり、後エッジの順番は、番号 8 の “BCAD” になる。一方、論理値は D8-D0 “111010011” は、論理 L2 に含まれる。図中太い破線で示したように、前エッジの順番は、番号 5 の “ADCB” になり、後エッジの順番は、番号 19 の “DACB” になる。なお、変換テーブルは図 4 に限定されることはない。論理値 D8-D0 とエッジの順番との対応を変えることで別の変換テーブルを形成してもよい。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、図 1 のデコーダ DEC1 およびセクタ SEL1 の詳細を示している。デコーダ DEC1 は、転送する論理値 D8-D0 に応じて 4 つの出力のいずれかを高レベルにする。セクタ SEL1 は、デコーダ DEC1 の出力信号に応じて、タイミング信号 N1 の信号線とノード NAD-NDD とをそれぞれ接続する 4 つの CMOS 伝達ゲートのいずれかをオンする。この結果、タイミング信号 N1 は、図 4 に示した変換テーブルに従ってノード NAD-NDD のいずれかに出力される。図 5 に示したデコーダ DEC1 は、図 4 の変換テーブルを比較的少ない素子数で論理を実現するための一例に過ぎない。同じ論理を実現するための回路は、他にも多数ある。特に図示しないが、デコーダ DEC2-DEC4 およびセクタ SEL2-SEL4 も、デコーダ DEC1 およびセクタ SEL1 と同様に構成されている。

【 0 0 3 6 】

図 6 は、図 1 のデコーダ DEC5 およびセクタ SEL5 の詳細を示している。デコーダ DEC5 は、転送する論理値 D8-D0 に応じて 4 つの出力のいずれかを高レベルにする。セクタ SEL5 は、デコーダ DEC5 の出力信号に応じて、タイミング信号 N5 の信号線とノード NAU-NDU とをそれぞれ接続する 4 つの CMOS 伝達ゲートのいずれかをオンする。この結果、タイミング信号 N5 は、図 4 に示した変換テーブルに従ってノード NAU-NDU のいずれかに出力される。

【 0 0 3 7 】

図 7 は、図 1 のエッジ生成回路 2 6 内のエッジ生成部 2 6 a の詳細を示している。エッジ生成部 2 6 a は、ノード NAD (または NBD、NCD、NCD) に伝達されたタイミング信号 N1-N4 のいずれかの立ち上がりエッジに同期して L パルスを生成する L パルス生成回路と、ノード NAU (または NBU、NCU、NCU) に伝達されたタイミング信号 N5-N8 のいずれかの立ち上がりエッジに同期して H パルス信号を生成する H パルス生成回路と、電源線と接地線の間に直列に接続された pMOS トランジスタ (L パルス生成回路の出力で制御される) および nMOS トランジスタ (H パルス生成回路の出力で制御される) と、pMOS トランジスタおよび nMOS トランジスタの出力をラッチするラッチ回路と、pMOS トランジスタおよび nMOS トランジスタの出力で制御されるオープンドレインタイプの出力トランジスタ (出力回路) とを有している。出力トランジスタの出力は、例えば 50 Ω の終端抵抗を介して電源線に

接続されたデータバス線DA（またはDB、DC、DD）に接続されている。

【 0 0 3 8 】

データバス線DA（またはDB、DC、DD）は、タイミング信号N1-N4のいずれかの立ち上がりエッジに同期して低レベルに変化し、タイミング信号N5-N8のいずれかの立ち上がりエッジに同期して高レベルに変化する。すなわち、選択されたタイミング信号に同期した前エッジおよび後エッジを有するLパルス信号がデータバス線DA-DDに出力される。この結果、4本のデータバス線DA-DDを使用するだけで512通りの論理値D8-D0を送信できる。

【 0 0 3 9 】

図8は、装置12内の受信回路16の詳細を示している。受信回路16は、入力回路28、比較回路30、32、転送回路34、36、およびデコーダ38を有している。

入力回路28は、データバス線DA-DDを介して伝達されたLパルス信号を受け、4つの入力バッファを有している。入力バッファは差動アンプで構成されており、一方の入力でLパルス信号を受け、他方の入力で参照電圧VREFを受けている。入力バッファは、受信した信号を正論理の正信号PA2、PB2、PC2、PD2としてそれぞれ出力される。正信号PA2、PB2、PC2、PD2は、インバータで反転され、負論理の負信号NA2、NB2、NC2、ND2として出力される。

【 0 0 4 0 】

比較回路30は、2つのLパルス信号の後エッジ（アップエッジ）のタイミングの順序を比較する6つの比較器30b（第2比較器）を有している。比較器30b内に記載した“(CD)”等は、その比較器30bが比較するLパルス信号を伝達するデータバス線の記号を示している。比較器30bは、比較結果を相補の信号として出力する。

【 0 0 4 1 】

比較回路32は、2つのLパルス信号の前エッジ（ダウンエッジ）のタイミングの順序を比較する6つの比較器32b（第1比較器）を有している。比較器32b内に記載した“(CD)”等は、その比較器32bが比較するLパルス信号を伝達するデータバス線の記号を示している。比較器32bは、比較結果を相補の信号

として出力する。

【 0 0 4 2 】

転送回路 3 4 は、比較器 3 0 b から出力される相補の信号を、転送信号 TR2 に同期してデコーダ 3 8 に転送する。転送信号 TR2 は、正信号 PA2、PB2、PC2、PD2 の AND 論理で生成される。すなわち、転送信号 TR2 は、4 つの L パルス信号のうち、タイミングが最も遅い後エッジに合わせて出力される。

転送回路 3 6 は、比較器 3 2 b から出力される相補の信号を、転送信号 TR1 に同期してデコーダ 3 8 に転送する。転送信号 TR1 は、負信号 NA2、NB2、NC2、ND2 の AND 論理で生成される。すなわち、転送信号 TR1 は、4 つの L パルス信号のうち、タイミングが最も遅い前エッジに合わせて出力される。

【 0 0 4 3 】

例えば、転送回路 3 4 が出力する相補の転送信号 S2-6X、S2-6Z は、対応する比較器 3 0 a において、データバス線 DC 上の L パルス信号の後エッジが、データバス線 DD 上の L パルス信号の後エッジよりタイミングが早いと判定されたとき、それぞれ低レベル、高レベルになる。転送回路 3 6 が出力する相補の転送信号についても同様である。また、デコーダ 3 8 の枠内に示した記号 A、B、C、D は、その記号を指す転送回路からの転送信号が高レベルのとき、記号に対応する L パルス信号の遷移エッジのタイミングが早いことを示している。ここで、記号 A、B、C、D は、それぞれ、データバス線 DA、DB、DC、DD を伝達される L パルス信号に対応している。

【 0 0 4 4 】

デコーダ 3 8 は、比較器 3 0 b、3 2 b から出力される比較結果（転送信号）に応じて送信回路 1 4 から送られた論理を復元し、論理値 D8-D0 として出力する。

図 9 は、図 8 の比較器 3 0 b、2 3 b の詳細を示している。比較器 3 0 b、3 2 b は、2 入力の NAND ゲートの入力と出力を接続した RS フリップフロップで構成されている。NAND ゲートの出力は、インバータを介して出力端子に接続されている。例えば、入力 IN1 が先に高レベルに変化すると出力 OUT1、OUT2 がそれぞれ高レベル、低レベルになり、入力 IN2 が先に高レベルに変化すると出力 OUT1、OUT2

がそれぞれ低レベル、後レベルになる。

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は、データバス線 DA-DD を介して受信した L パルス信号を元の論理値 D8-D0 に復元するための変換テーブルを示している。“番号”、“エッジの順番”、“論理 L1”、“論理 L2”は、図 4 に示した変換テーブルと同じである。

例えば、前エッジおよび後エッジの“エッジの順番”が、それぞれ“ADCB（番号 5）”および“BCAD（番号 8）”のとき、比較器 3 2 b、3 0 b の出力は、“111000”、“001111”になる。ここで、比較器 3 2 b の出力“111000”は、図 8 に示した正論理の転送信号 S1-1Z、S1-2Z、S1-3Z、S1-4Z、S1-5Z、S1-6Z の論理レベルを示している。同様に、比較器 3 0 b の出力“001111”は、図 8 に示した正論理の転送信号 S2-1Z、S2-2Z、S2-3Z、S2-4Z、S2-5Z、S2-6Z の論理レベルを示している。そして、図中太い実線で示したように、デコーダ 3 8 によって元の論理値 D8-D0 = “001011000”が復元される。

【 0 0 4 6 】

また、前エッジおよび後エッジの“エッジの順番”が、それぞれ“ADCB（番号 5）”および“DACB（番号 19）”のとき、比較器 3 2 b、3 0 b の出力は、“111000”、“110000”になる。このとき、図中太い破線で示したように、デコーダ 3 8 によって元の論理値 D8-D0 = “111010011”が復元される。

図 1 1 および図 1 2 は、図 8 のデコーダ 3 8 の詳細を示している。図 1 1 は、論理値 D4-D8 を復元するための論理回路を示している。図 1 2 は、論理値 D0-D3 を復元するための論理回路を示している。これ等論理回路は、図 1 0 の変換テーブルに従って構成されている。図 1 1 および図 1 2 に示した論理回路は、図 1 0 の変換テーブルを比較的少ない素子数で論理を実現するための一例に過ぎない。同じ論理を実現するための回路は、他にも多数ある。

【 0 0 4 7 】

以上、本実施形態では、複数のデータバス線 DA-DD 上をそれぞれ伝達される複数の信号の遷移エッジのタイミングの順序によって、論理値を表現した。このため、少ない信号線で大量のデータを伝送できる。1 回の信号の送信で大量のデータを伝送できるため、データの転送レートを大幅に向上できる。具体的には、パ

ルス信号の前エッジおよび後エッジ（複数の遷移エッジ）のタイミングの順序を用いて論理値を表現した。このため、4本の信号線で576通りの論理を表現できる。これは、2進データの9ビット（512通り）を超えるものである。

【0048】

データバス線DA-DDの本数が少なくて済むため、信号の出力回路（出力バッファ）の数および入力回路（入力バッファ）の数を減らすことができる。動作する回路が少なくなるため、信号の送信側および受信側の双方において、消費電力を小さくできる。また、データバス線DA-DDの本数が少なくて済むため、その配線領域を小さくできる。

【0049】

遷移エッジのタイミングの差（相対値）で論理を表現できるため、基準信号は必要ない。すなわち、基準信号を信号の送信側および受信側で同期させる必要がない。このため、送信回路14および受信回路16の構成を簡易にできる。

また、送信回路14および受信回路16を別の半導体チップ上に形成した。半導体チップがプリント基板上に実装される場合、プリント基板の信号線領域を小さくできる。この結果、プリント基板が小さくなるため、システムを小型化でき、システムのコストを低減できる。

【0050】

信号の遷移エッジのタイミングの順序によって、論理値を表現できるため、送信回路14および受信回路16とも、簡易な論理回路を構成することで大量のデータを伝送できる。具体的には、装置10のデータ送信回路14は、転送するデータの論理値に応じてLパルスを生成すればよい。このため、送信回路14は、単純な論理回路で構成できる。装置12の受信回路16は、受信した信号のエッジを互いに比較し、どちらのエッジが早いかを判定すればよい。このため、受信回路16も、単純な論理回路で構成できる。送信回路14および受信回路16の回路規模を小さくできるため、これ等回路を搭載する半導体集積回路のチップサイズを小さくできる。

【0051】

エッジ生成回路26に、オープンドレインタイプ出力トランジスタを形成し

たので、データバス線？DA-DDに複数の送信回路14を接続できる。

図13は、本発明の第2の基本原理を示している（請求項6ないし請求項10に対応する）。ここでは、基準タイミング信号CLK（クロック信号）を伝達するクロック信号線（CLK）および1本のデータバス線（信号線）DATAを使用して送信回路40から受信回路42にデータを転送する例について説明する。

【0052】

送信回路40は、基準タイミング信号CLKのアップエッジに対して所定時間遅延した信号SIGを出力する。データの論理値は、基準タイミング信号CLKの遷移エッジに対する信号SIGの遷移エッジの遅延時間（時間差）で表現される。この例では、4通りの遅延時間を設定することで、1本の信号線で2ビットのデータを転送できる。

【0053】

信号SIGの遷移エッジは、そのタイミング差が、それぞれ4nsに設定されている。この差は、送信回路40、受信回路42、および伝送路（この例では、データバス線DATA）の特性に応じて設定される。基準タイミング信号CLKと信号SIGは、基準タイミング信号CLK自体を論理値に応じて所定時間遅延させることで生成される。信号SIGの遷移エッジは、例えば、基準タイミング信号CLKの遷移エッジに対してそれぞれ6ns、10ns、14ns、18ns遅れている。

【0054】

一方、受信回路42は、基準タイミング信号CLKおよび信号SIGを受け、信号SIGの遷移エッジと基準タイミング信号CLKの遷移エッジとの時間差（遅延時間）を検出する。そして、この差に応じて論理値が生成される。ここで、受信回路42は、送信回路40で扱われる論理値（元の論理値）を復元してもよく、受信回路42で扱う固有の論理値（例えば、元の論理値の反転データ）を生成してもよい。

【0055】

このように、1本のデータバス線DATAで複数ビットのデータが送受信される。送信回路40と受信回路42との間に配線されるデータバス線の本数を減らすことができるため、データの入力回路および出力回路の数を減らすことができる。

この結果、消費電力を減らすことができる。入力回路および出力回路の数が減るため、これ等回路を搭載する半導体集積回路のチップサイズを小さくできる。データバス線の本数が減るため、その配線領域を減らすことができる。

【 0 0 5 6 】

上述した例では、2ビットのデータを転送する場合の説明をしたが、遅延時間の設定数を増やすことで3ビット以上のデータを転送する場合にも容易に適用できる。3ビットのデータを転送する場合、8種類の遅延時間を設定すればよい。

図14は、本発明の入出力インタフェースおよび半導体集積回路の第2の実施形態を示している。この実施形態は、請求項6、請求項7、請求項9、および請求項10に対応している。図において、複数本で構成される信号線は、太線で示している。

【 0 0 5 7 】

入出力インタフェースは、図13に示した送信回路40、受信回路42、およびデータバスDATAにより構成されている。例えば、送信回路40および受信回路42は、同一のクロック同期式の半導体メモリデバイス（半導体集積回路）内に形成されている。受信回路42は、データの出力パッド付近に配置されている。送信回路40は、メモリコア（図示せず）から読み出される複数ビットのデータDT0、DT1を受信し、その論理に対応する信号SIGをデータバス線DATAに出力する。受信回路42は、データバス線DATAを介して受信した信号SIGを元の2ビットデータに復元し、データ出力回路（周辺回路）等に出力する。データバス線DATAは、メモリコアの端から出力パッド付近まで配線されており、その配線長は長い。

【 0 0 5 8 】

送信回路40は、デコーダ44、可変遅延回路46、および出力部48を有している。デコーダ44は、メモリコアから読み出されるデータDT0、DT1をデコードし、デコード結果（論理値に対応）を可変遅延回路46に出力する。可変遅延回路46は、基準タイミング信号TZをデコード結果に応じて所定時間遅延させ、遅延させた信号を出力部48に出力する。出力部48は、受けた信号を信号SIGとしてデータバス線DATAに出力する。基準タイミング信号TZは、例えば、外部か

ら供給されるクロック信号に同期した内部クロック信号である。

【 0 0 5 9 】

受信回路 4 2 は、遅延回路 5 0、ラッチ 5 2 a、5 2 b、5 2 c、およびエンコーダ 5 4 を有している。遅延回路 5 0 は、基準タイミング信号 TZ を受信し、この基準タイミング信号 TZ と位相の異なる 4 つのタイミング信号 TDZ1、TDZ2、TDZ3、TDZ4 を生成する。ラッチ 5 2 a、5 2 b、5 2 c は、それぞれタイミング信号 TDZ1、TDZ2、TDZ3 に同期して信号 SIG をラッチする。エンコーダ 5 4 は、ラッチ 5 2 a、5 2 b、5 2 c にラッチされた信号 SIG の論理レベルに基づいて 2 ビットの論理値 RDT0、RDT1 を生成する。この実施形態では、論理値 RDT1、RDT2 は論理値 DT0、DT1 と同じである。すなわち、受信回路 4 2 は、メモリコアから読み出された元のデータを復元する。なお、受信回路 4 2 で生成する論理値 RDT0、RDT1 は、元の論理値 DT0、DT1 と異なってもよい。例えば、受信回路 4 2 は、元の論理値の反転論理を生成してもよい。

【 0 0 6 0 】

このように、ラッチ 5 2 a、5 2 b、5 2 c およびエンコーダ 5 4 は、送信回路 4 0 から伝送される信号 SIG の位相とタイミング信号 TDZ1-TDZ4 とをそれぞれ比較し、信号 SIG の基準タイミング信号 TZ に対する遅延時間を検出する比較回路として動作する。なお、受信回路 4 2 が受ける基準タイミング信号 TZ は、送信回路 4 0 が受ける基準タイミング信号 TZ に対して、データバス線 DATA の負荷に対応する分だけ遅れて供給される。

【 0 0 6 1 】

図 1 5 は、図 1 4 の送信回路 4 0 の詳細を示している。デコーダ 4 4 は、メモリコアから読み出された論理値 DT0、DT1 をリードアンプ 4 0 a を介して受信し、受信したデータをデコードする。すなわち、論理値 DT0、DT1 に応じて、デコード信号 T0、T1、T2、T3 のいずれかが低レベルに変化する。

可変遅延回路 4 6 は、縦続接続された 4 つの遅延段 4 6 a、4 6 b、4 6 c、4 6 d と、デコード信号 T0-T3 でそれぞれ制御されるスイッチ回路 4 6 e、4 6 f、4 6 g、4 6 h とを有している。遅延段 4 6 a-4 6 d は、それぞれ基準タイミング信号 TZ を所定時間遅らせた遅延信号 DLY1、DLY2、DLY3、DLY4 を出力する

。遅延段 4 6 a - 4 6 d の遅延時間は、ほぼ 4ns に設定されている。したがって、遅延信号 DLY1-DLY4 は、基準タイミング信号 TZ に対して順次 4ns ずつ遅れて出力される。

【 0 0 6 2 】

スイッチ回路 4 6 e - 4 6 h は、CMOS 伝達ゲートおよび CMOS 伝達ゲートを制御するインバータで構成されている。スイッチ回路 4 6 e - 4 6 h は、一方の端子で遅延信号 DLY1-DLY4 をそれぞれ受け、他方の端子を出力部 4 8 に接続している。そして、遅延信号 DLY1-DLY4 のいずれかが、デコード信号 T0-T3 に応じて出力部 4 8 に出力される。

【 0 0 6 3 】

出力部 4 8 は、可変遅延回路 4 6 から出力される遅延信号をラッチするラッチ回路 4 8 a と出力バッファ 4 8 b とを有している。図 1 3 に示したタイミングを有する信号 SIG は、ラッチ回路 4 8 a にラッチされ、出力バッファ 4 8 b から出力される。

図 1 6 は、図 1 4 の受信回路 4 2 における遅延回路 5 0 およびラッチ回路 5 2 a、5 2 b、5 2 c の詳細を示している。遅延回路 5 0 は、縦続接続された 4 つの遅延段 5 0 a、5 0 b、5 0 c、5 0 d を有している。遅延段 5 0 a - 5 0 d は、それぞれ基準タイミング信号 TZ を所定時間遅らせたタイミング信号 TDZ1、TDZ2、TDZ3、TDZ4 を出力する。遅延段 5 0 a の遅延時間は、ほぼ 8ns に設定され、遅延段 5 0 b - 5 0 d の遅延時間は、ほぼ 4ns に設定されている。したがって、タイミング信号 TDZ1、TDZ2、TDZ3、TDZ4 は、基準タイミング信号 TZ に対してそれぞれ 8ns、12ns、16ns、20ns 遅れて出力される。

【 0 0 6 4 】

ラッチ回路 5 2 a、5 2 b、5 2 c は、CMOS 伝達ゲート、CMOS 伝達ゲートを制御するインバータ、およびラッチで構成されている。ラッチ回路 5 2 a は、タイミング信号 TDZ1 の立ち上がりエッジに同期して信号 SIG の論理レベルをラッチする。ラッチ回路 5 2 b は、タイミング信号 TDZ2 の立ち上がりエッジに同期して信号 SIG の論理レベルをラッチする。ラッチ回路 5 2 c は、タイミング信号 TDZ3 の立ち上がりエッジに同期して信号 SIG の論理レベルをラッチする。このため、信

号SIGの立ち上がりエッジが、タイミング信号の立ち上がりエッジに対して早いとき、そのラッチ回路には高レベルがラッチされる。信号SIGの立ち上がりエッジが、タイミング信号の立ち上がりエッジに対して遅いとき、そのラッチ回路には低レベルがラッチされる。

【 0 0 6 5 】

上述したように、タイミング信号TDZ1-TDZ3の基準タイミング信号TZに対する遅れは、それぞれ8ns、12ns、16nsであり、信号SIGの基準タイミング信号TZに対する遅れは、6ns、10ns、14ns、18nsのいずれかである。すなわち、この実施形態では、ラッチ回路52a-52cが正しく動作するためのタイミング余裕は、2nsに設定されている。ラッチ回路52a-52cにラッチされたデータは、それぞれラッチ信号L1、L2、L3およびその反転信号/L1、/L2、/L3として出力される。

【 0 0 6 6 】

図17は、図14の受信回路42におけるエンコーダ54の詳細を示している。エンコーダ54は、ラッチ信号L1、L2、L3、/L1、/L2、/L3をデコードするデコーダ56と、デコーダ56のデコード結果に応じて2ビットの論理値を生成するデータ生成回路58とを有している。

デコーダ56は、図14の送信回路40から転送される論理値DT1、DT0に応じてデコード信号T5、T6、T7、T8のいずれかを低レベルにする。例えば、図中の括弧内に示したように、論理値DT1、DT0が"00"のときデコード信号T5が低レベルに変化し、論理値DT1、DT0が"01"のときデコード信号T6が低レベルに変化する。

【 0 0 6 7 】

データ生成回路58は、NAND回路58a、58b、58c、58dと、CMOS伝達ゲート58e、58f、58g、58hと、ラッチ58i、58jと、スイッチ回路58k、58lと、ラッチ58m、58nとを有している。

NAND回路58a-58dは、タイミング信号TDZ4の低レベル時に動作してデコード信号T5-T8の論理演算をし、タイミング信号TDZ4の高レベル時に非活性化されて低レベルを出力する。すなわち、タイミング信号TDZ4の立ち上がりエッジに同期してエンコードされるデータが決定する。タイミング信号TDZ4は、図16に

示したように、最も遅いタイミング信号TDZ3をさらに遅延させた信号である。このため、データ生成回路58は、タイミング信号TDZ4を用いることで、受信したデータを高速かつ確実にエンコードできる。

【0068】

CMOS伝達ゲート58e-58hは、NAND回路58a-58dの出力によりそれぞれ制御されている。ノードND0は、CMOS伝達ゲート58eのオンにより高レベルに変化し、CMOS伝達ゲート58fのオンにより低レベルに変化する。ノードND1は、CMOS伝達ゲート58gのオンにより高レベルに変化し、CMOS伝達ゲート58hのオンにより低レベルに変化する。

【0069】

ラッチ58i、58jは、それぞれノードND0、ND1の論理レベルを反転した値を保持する。スイッチ回路58k、58lは、タイミング信号TDZ4の高レベル時にオンし、ラッチ58iとラッチ58mおよびラッチ58lとラッチ58nをそれぞれ接続する。ラッチ58m、58nは、ラッチした値を反転し、論理値RDT0、RDT1として出力する。論理値RDT0、RDT1は、ノードND0、ND1と同じ論理レベルである。

【0070】

図18は、送信回路40および受信回路42の動作を示している。送信回路40は、チップの外部から供給される外部クロック信号CLKを使用して基準タイミング信号TZを生成している。説明を簡単にするため、送信回路40および受信回路42で使用する基準タイミング信号TZのタイミングを同一にしている。実際には、受信回路42で使用する基準タイミング信号TZのタイミングは、データバス線DATAの負荷に合わせて遅延されている。

【0071】

メモリコアから読み出されたデータは、外部クロック信号CLKに同期して受信回路42に伝達され、次の外部クロック信号CLKに同期してチップの外部に出力される。この例では、0番目-3番目の外部クロック信号CLKに同期して、それぞれデータ（論理値DT1、DT0）"00"、"01"、"10"、"11"が受信回路42に伝達される。

【 0 0 7 2 】

まず、送信回路 4 0 において、0 番目の基準タイミング信号 TZ の立ち上がりエッジに同期して図 1 5 のリードアンプ 4 0 a が動作し、データ DT0、DT1 のレベルを増幅する。デコーダ 4 4 は、増幅されたデータ DT0、DT1 (= "00") をデコードし、デコード信号 T0 のみ低レベルに変化させる (図 1 8 (a))。

図 1 5 の可変遅延回路 4 6 は、基準タイミング信号 TZ に同期して、順次遅延信号 DLY1-DLY4 を出力する (図示せず)。可変遅延回路 4 6 のスイッチ回路 4 6 e は、デコード信号 T0 に応じてオンし、遅延信号 DLY1 を出力部 4 8 に伝達する。そして、論理値に応じた信号 SIG が、送信回路 4 0 から出力される (図 1 8 (b))

図 1 6 の受信回路 4 2 内の遅延回路 5 0 は、基準タイミング信号 TZ に同期して、タイミング信号 TDZ1-TDZ4 を順次出力する (図 1 8 (c)、(d))。伝送された信号 SIG の立ち上がりエッジのタイミングは、タイミング信号 TDZ1-TDZ4 の立ち上がりエッジのタイミングより早い。このため、ラッチ回路 5 2 a、5 2 b、5 2 c は、それぞれ高レベルの信号 SIG を取り込み、高レベルのラッチ信号 L1-L3 および低レベルのラッチ信号 /L1-/L3 を出力する (図示せず)。

【 0 0 7 3 】

図 1 7 のエンコーダ 5 4 内のデコーダ 5 6 は、ラッチ信号 L1-L3、/L1-/L3 をデコードし、デコード信号 T5 のみ低レベルに変化させる (図 1 8 (e))。デコード信号 T5 の変化により、データ生成回路 5 8 の NAND 回路 5 8 b、5 8 d の出力が高レベルに変化し、CMOS 伝達ゲート 5 8 f、5 8 h がオンする。この結果、ノード ND0、ND1 は、ともに低レベルに変化し、論理値 RDT0、RDT1 は、低レベルに変化する (図 1 8 (f))。すなわち、メモリコアから読み出されたデータが、受信回路 4 2 で復元される。この後、論理値 RDT0、RDT1 は、1 番目の外部クロック信号 CLK に同期して読み出しデータとして外部に出力される。

【 0 0 7 4 】

この後、0 番目のクロックサイクルと同様に、1 番目-3 番目の外部クロック信号 CLK に同期して、論理値 "01"、"10"、"11" が、送信回路 4 0 から受信回路 4 2 に伝送される。

以上、この実施形態では、データバス線DATA上を伝達される信号SIGの遷移エッジと基準タイミング信号TZの遷移エッジとの時間差によって、論理値を表現した。このため、1本の信号線で複数ビットの論理値を伝送できる。したがって、信号線の本数を従来に比べ減らすことができる。信号線の本数が少なく済むため、信号の出力回路（出力バッファ）の数および入力回路（入力バッファ）の数を減らすことができる。動作する回路が少なくなるため、信号の送信側および受信側の双方において、消費電力を小さくできる。

【0075】

信号線の本数が少なく済むため、信号線の配線領域を小さくできる。特に、データまたはアドレス等のように、一般にビット数の多い信号に本発明を適用すると高い効果を得られる。簡易な送信回路40で論理値を信号に変換し、簡易な受信回路42で信号を論理値に変換できる。

送信回路40および受信回路42を同じ半導体メモリデバイスに形成し、メモリコアから読み出されるデータのデータバス線DATAの数を減らした。このため、半導体メモリデバイス内の配線領域を小さくできる。この結果、半導体メモリデバイスのチップサイズを小さくでき、チップコストを低減できる。

【0076】

図19は、本発明の入出力インタフェースおよび半導体集積回路の第3の実施形態を示している。この実施形態は、請求項6、請求項7、請求項9、および請求項10に対応している。第2の実施形態と同じ要素については、同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

一般に、DRAM等の半導体メモリデバイスでは、チップの大半にメモリセルが形成されている。このため、チップの一端側のメモリセルから読み出されるデータを送信する送信回路40と、チップの他端側のメモリセルから読み出されるデータを送信する送信回路40とは、互いに離れた位置に配置されることが多い。また、一方の送信回路40と他方の送信回路と、受信回路42との距離が異なる場合、送信回路40と受信回路42とを接続するデータバス線DATAの長さは、それぞれ異なる。この際、送信回路40に入力される基準タイミング信号TZのタイミングがともに等しい場合、受信回路42側において、基準タイミング信号TZに対

する信号SIGの遅延量（相対量）が、送信回路40の位置に対応して変化してしまう。したがって、受信回路42に入力される基準タイミング信号TZのタイミングを、信号SIGを出力する送信回路40に応じて調整する必要がある。

【0077】

例えば、メモリコアおよび送信回路40を選択するブロック選択信号BK0Z、BK1Zおよび抵抗R1、R2を利用して、受信回路42側において信号SIGの遅延量を簡単に調整できる。図に示した例では、配線負荷の大きい下側の送信回路40から信号SIGが出力されるとき、抵抗の大きいR2により基準タイミング信号TZが遅延される。配線負荷の小さい上側の送信回路40から信号SIGが出力されるとき、抵抗の小さいR1により基準タイミング信号TZが遅延される。

【0078】

なお、基準タイミング信号TZを生成する回路が、図の下側の送信回路40の近くに配置されている場合、2つの送信回路40間での基準タイミング信号TZの信号線の負荷とデータバス線DATAの負荷とは、ほぼ等しくなる。この場合、基準タイミング信号TZに対する信号SIGの遅延量（相対量）は、一定になるため、受信回路42に入力する基準タイミング信号TZのタイミングを調整する必要はない。

【0079】

この実施形態においても、上述した第2の実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、半導体メモリデバイス内で複数の送信回路40と受信回路との間に配線されるデータバス線DATAの負荷の違いによる受信データの取り込みタイミングのずれを防ぐことができる。

図20は、本発明の入出力インタフェースおよび半導体集積回路の第4の実施形態を示している。この実施形態は、請求項6ないし請求項10に対応している。第2の実施形態と同じ要素については、同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0080】

この実施形態では、半導体集積回路（半導体チップ）60、62に第2の実施形態の送信回路40および受信回路42が形成されている。半導体集積回路60、62は、例えば、プリント基板上に搭載され、プリント基板上のシステムバス

を介して接続されている。そして、半導体集積回路 6 0、6 2 は、互いにデータを送受信する。

【0081】

半導体集積回路 6 0、6 2 の入出力インタフェース回路は、同一であるため、以下、半導体集積回路 6 0 についてのみ説明する。半導体集積回路 6 0 は、SIG 入力バッファ 6 4（第 1 入力回路）、SIG 出力バッファ 6 6（第 1 出力回路）、TZ 入力バッファ 6 8（第 2 入力回路）、TZ 出力バッファ 7 0（第 2 出力回路）、TZ 生成回路（信号生成回路）7 2、およびクロック入力バッファ 7 4 を有している。

【0082】

SIG 入力バッファ 6 4 は、半導体集積回路 6 2 が出力する信号 SIG を受信回路 4 2 に出力する。SIG 出力バッファ 6 6 は、送信回路 4 0 から出力される信号 SIG をデータバス線 DATA に出力する。TZ 入力バッファ 6 8 は、半導体集積回路 6 2 が出力する基準タイミング信号 TZ を受信回路 4 2 に出力する。TZ 出力バッファ 7 0 は、TZ 生成回路 7 2 から出力される基準タイミング信号 TZOUT を送信回路 4 0 に出力する。すなわち、TZ 生成回路 7 2 で生成された基準タイミング信号 TZOUT は、システムバスに直接出力されるのではなく、TZ 出力バッファ 7 0 を介して出力される。TZ 生成回路 7 2 は、クロック入力バッファ 7 4 から出力される内部クロック信号 CLK1 に同期する基準タイミング信号 TZOUT を生成する。クロック入力バッファ 7 4 は、外部からの外部クロック信号 CLK を受け、内部クロック信号 CLK1 として出力する。

【0083】

SIG 入力バッファ 6 4 の入力および SIG 出力バッファ 6 6 の出力は、共通の外部端子を介してデータバス線 DATA に接続されている。同様に、TZ 入力バッファ 6 8 および TZ 出力バッファ 7 0 は、共通の外部端子を介して基準タイミング信号 TZ の信号線に接続されている。データバス線 DATA および基準タイミング信号 TZ の信号線を双方向にすることで、さらに信号線の配線領域を減らすことができる。

【0084】

半導体集積回路 6 0 は、信号 SIG を受信するときに、SIG 入力バッファ 6 4、TZ

入力バッファ 6 8 を動作し、信号 SIG を送信するときに、SIG 出力バッファ 6 6、TZ 出力バッファ 7 0、および TZ 生成回路 7 2 を動作する。このように、半導体集積回路 6 0、6 2 に送信回路 4 0 および受信回路 4 2 を形成することで、少ない数のデータバス線 DATA を使用して、信号 SIG を双方向に伝送できる。

【 0 0 8 5 】

この実施形態においても、上述した第 2 の実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、送信回路 4 0 および受信回路 4 2 が、複数の半導体集積回路上にそれぞれ形成されるため、少ない信号線でデータの送受信ができる。

また、SIG 入力バッファ 6 4 の入力および SIG 出力バッファ 6 6 の出力を共通の外部端子に接続し、信号線を双方向にしたので、さらに信号線の本数を削減できる。同様に、TZ 入力バッファ 6 8 の入力および TZ 出力バッファ 7 0 の出力を共通の外部端子に接続し、基準タイミング信号 TZ の信号線を双方向にしたので、さらに信号線の本数を削減できる。

【 0 0 8 6 】

図 2 1 は、本発明の入出力インタフェースおよび半導体集積回路の第 5 の実施形態を示している。この実施形態は、請求項 6 ないし請求項 1 0 に対応している。第 2 および第 4 の実施形態と同じ要素については、同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。この実施形態の発明は、メモリインタフェースデバイス 7 6 およびシステムバスに適用されている。メモリインタフェースデバイス 7 6 は、システムバスと半導体メモリデバイス 7 8 とを接続している。半導体メモリデバイス 7 8 は、例えば、従来型の SDRAM（汎用メモリ）である。

【 0 0 8 7 】

メモリインタフェースデバイス 7 6 は、図 2 0 と同じ受信回路 4 2、送信回路 4 0、SIG 入力バッファ 6 4、SIG 出力バッファ 6 6、TZ 入力バッファ 6 8、TZ 出力バッファ 7 0、TZ 生成回路 7 2、およびクロック入力バッファ 7 4 を有している。さらに、メモリインタフェースデバイス 7 6 は、アドレス入力バッファ 8 0、コマンド入力バッファ 8 2、およびアドレス信号 AD を受ける受信回路 4 2 を有している。この実施形態は、データバスおよびアドレスバスに本発明を適用している。

【 0 0 8 8 】

アドレス入力バッファ 8 0 は、基準タイミング信号 TZ に同期してシステムバスからアドレス信号 AD を受け、受けたアドレスをアドレス用の受信回路 4 2 に出力する。コマンド入力バッファ 8 2 は、システムバスからコマンド信号 CMD を受け、受けたコマンドを半導体メモリデバイス 7 8 に出力する。データ用の受信回路 4 2 で受信したデータおよび半導体メモリデバイス 7 8 から読み出され送信回路 4 0 に供給されるデータ（入出力データ）は、入出力共通のデータバス線を介して伝達される。

【 0 0 8 9 】

この実施形態では、システムバスを介して供給されるデータおよびアドレスは、メモリインタフェースデバイス 7 6 により従来の複数ビットからなるデータおよびアドレスに変換され、半導体メモリデバイス 7 8 に供給される。そして、書き込み動作等が実行される。また、読み出し動作により半導体メモリデバイス 7 8 から読み出される複数ビットからなるデータは、メモリインタフェースデバイス 7 6 により本発明のインタフェースに変換され、システムバスに出力される。

【 0 0 9 0 】

コマンド信号 CMD および外部クロック信号 CLK は、メモリインタフェースデバイス 7 6 を介さずに、システムバスから直接半導体メモリデバイス 7 8 に供給してもよい。しかし、コマンド入力バッファ 8 2 およびクロック入力バッファ 7 4 を介することで、データおよびアドレスに対して最適なタイミングに設定できる。

【 0 0 9 1 】

この実施形態においても、上述した第 2 および第 4 の実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに、本発明をデータ信号のインタフェースだけでなく、アドレス信号のインタフェースにも適用したので、システムバスの信号線の本数を第 4 の実施形態に比べ減らすことができ、消費電力をさらに低減できる。

また、本発明をメモリインタフェースデバイス 7 6 に適用したので、従来から量産されている汎用メモリを、本発明を採用したシステムバスに容易に接続できる。

【 0 0 9 2 】

なお、上述した第 1 の実施形態では、信号の論理をパルス信号により表現した例について述べた。本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。例えば、信号の立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジの一方を使用し、その順序の組み合わせで論理を表現してもよい。さらに、信号の 3 つ以上の遷移エッジの順序をそれぞれ組み合わせで論理を表現してもよい。

【 0 0 9 3 】

上述した第 1 の実施形態では、送信回路 1 4 にオープンドレインタイプ出力の出力トランジスタを形成した例について述べた。本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。例えば、信号線に接続される送信回路、受信回路の数、仕様に合わせて 3 ステートの出力回路を形成してもよく、単にインバータからなる出力バッファを形成してもよい。

【 0 0 9 4 】

上述した第 1 の実施形態では、本発明を異なる半導体集積回路間でデータを伝送するための入出力インタフェースに適用した例について述べた。本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明を、同じチップに搭載される機能ブロック間でデータを伝送するための入出力インタフェースに適用してもよい。一例として、CPU とメモリとが同じチップ上に搭載されるシステム LSI において、CPU からメモリに出力されるアドレス信号の伝送に本発明を適用してもよい。

【 0 0 9 5 】

上述した第 2 の実施形態では、本発明をメモリコアから読み出されるデータを周辺回路に伝達するインタフェースに適用した例について述べた。本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明を周辺回路からメモリコアに書き込みデータを伝達するインタフェースに適用してもよい。

上述した第 2 の実施形態では、送信回路 4 0 および受信回路 4 2 を同一の半導体メモリデバイスに形成した例について述べた。本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。例えば、送信回路 4 0 および受信回路 4 2 を別の半導体チップに形成することで、半導体チップ間を配線される信号線の数減らすことができる。例えば、半導体チップがプリント基板上に実装される場合、プリント基

板の信号線領域を小さくできる。この結果、プリント基板が小さくなるため、システムを小型化でき、システムのコストを低減できる。

【0096】

以上の実施形態において説明した発明を整理して、付記として開示する。

(付記1) 複数の信号線上をそれぞれ伝達される複数の信号の遷移エッジのタイミングの順序によって、論理値を表現することを特徴とする入出力インタフェース。

(付記2) 付記1記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、複数の遷移エッジを有しており、

前記論理値は、前記信号の前記各遷移エッジのタイミングの順序を組み合わせて表現されることを特徴とする入出力インタフェース。

【0097】

(付記3) 付記2記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、パルス信号であり、

前記論理値は、前記パルス信号の遷移エッジのタイミングの順序を用いて表現されることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記4) 付記3記載の入出力インタフェースにおいて、

前記論理値は、前記パルス信号の前エッジのタイミングの順序および後エッジのタイミングの順序を組み合わせて表現されることを特徴とする入出力インタフェース。

【0098】

(付記5) 付記4記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号線は、3本以上で構成されていることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記6) 付記1記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、データおよびアドレスの少なくともいずれかを表す信号であることを特徴とする入出力インタフェース。

【0099】

(付記7) 付記1記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号を送信する装置は、

遷移エッジのタイミングが互いに異なる複数のタイミング信号のいずれかを、前記論理値に応じて前記信号線毎に選択し、選択した該タイミング信号にそれぞれ同期して前記信号を生成する送信回路を備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 0 】

(付記 8) 付記 7 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路は、

複数の遅延段が縦続接続され、初段の該遅延段で基準信号を受け、各遅延段から前記基準信号を遅延させた前記タイミング信号を出力する遅延回路と、

前記タイミング信号のいずれかを、前記論理値に応じて前記信号線毎に選択する選択回路と、

選択された前記タイミング信号に同期して、前記信号の遷移エッジを生成するエッジ生成回路とを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 1 】

(付記 9) 付記 8 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、パルス信号であり、

前記論理値は、前記パルス信号の前エッジのタイミングの順序および後エッジのタイミングの順序を組み合わせて表現され、

前記遅延回路は、前記前エッジ用および前記後エッジ用の前記タイミング信号をそれぞれ出力し、

前記選択回路は、前記前エッジ用および前記後エッジ用の選択回路で構成され

前記エッジ生成回路は、各選択回路で選択された前記前エッジ用および前記後エッジ用の前記タイミング信号にそれぞれ同期して前記パルス信号の前エッジおよび後エッジを生成することを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 2 】

(付記 1 0) 付記 9 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記エッジ生成回路は、オープンドレインタイプ出力の出力トランジスタを備えて

いることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 1 1) 付記 8 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路は、前記論理値をデコードするデコーダを備え、

前記選択回路は、前記デコーダのデコード結果に応じて前記タイミング信号を選択することを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 3 】

(付記 1 2) 付記 1 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号を受信する装置は、

前記信号の遷移エッジのタイミングの順序を比較する比較回路と、前記比較回路での比較結果に基づいて論理値を生成する論理値生成回路を有する受信回路を備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 4 】

(付記 1 3) 付記 1 2 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記受信回路が生成する前記論理値は、前記信号を送信する装置で扱われる元の論理値であることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 1 4) 付記 1 2 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、複数の遷移エッジを有しており、

前記比較回路は、前記信号の前記各遷移エッジのタイミングの順序を比較する複数の比較器を備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 5 】

(付記 1 5) 付記 1 4 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、パルス信号であり、

前記複数の比較器は、前記パルス信号の前エッジ同士を比較する複数の第 1 比較器および後エッジ同士をそれぞれ比較する複数の第 2 比較器であることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 6 】

(付記 1 6) 付記 1 2 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記比較回路は、互いに異なる 2 つの前記信号を受ける複数のフリップフロップを備え、

前記遷移エッジのタイミングの順序は、複数の前記フリップフロップの出力レベルに基づいて判定されることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 7 】

(付記 1 7) 付記 1 2 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記論理値生成回路は、前記比較結果をデコードし、デコード結果に基づいて前記論理値を生成するデコーダを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 1 8) 付記 1 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号を送信する回路および前記信号を受信する回路は、それぞれ別の半導体チップ上に形成されていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 0 8 】

(付記 1 9) 付記 1 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号を送信する回路および前記信号を受信する回路は、同じ半導体チップ上に形成されていることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 2 0) 遷移エッジのタイミングが互いに異なる複数のタイミング信号を生成するタイミング信号生成回路と、

論理値に応じて、前記タイミング信号のいずれかを複数の信号線毎に選択する選択回路と、

選択した前記タイミング信号にそれぞれ同期して信号を生成し、生成した前記信号を出力するエッジ生成回路を有する送信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【 0 1 0 9 】

(付記 2 1) 複数の信号線を介してそれぞれ伝達される複数の信号における遷移エッジのタイミングの順序を比較する比較回路と、

前記比較回路での比較結果に基づいて論理値を生成する論理値生成回路とを有する受信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

(付記 2 2) 信号線上を伝達される信号の遷移エッジと基準タイミング信号の遷移エッジとの時間差によって、論理値を表現することを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 0 】

(付記 2 3) 付記 2 2 記載の入出力インタフェースにおいて、

複数ビットで表現される論理値をそれぞれ所定の遅延時間に変換し、基準タイミング信号に対して前記遅延時間だけ遅れた前記信号を前記信号線に出力する送信回路と、

前記信号線を介して伝達される前記信号の遷移エッジの前記基準タイミング信号に対する遅延時間を検出し、この遅延時間に応じて論理値を生成する受信回路とを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 1 】

(付記 2 4) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路は、前記基準タイミング信号を前記論理値に応じて遅延させ、前記信号を生成する可変遅延回路を備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 2 5) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記受信回路は、前記基準タイミング信号に基づいて該基準タイミング信号と位相の異なる複数のタイミング信号を生成する遅延回路と、

前記信号の位相と前記タイミング信号の位相とをそれぞれ比較し、前記信号の前記基準タイミング信号に対する遅延時間を検出する比較回路とを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 2 】

(付記 2 6) 付記 2 5 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記比較回路は、前記信号を前記タイミング信号でそれぞれラッチする複数のラッチ回路と、

前記ラッチ回路にそれぞれラッチされた信号の論理レベルに基づいて論理値を生成するエンコーダとを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 3 】

(付記 2 7) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記信号は、データおよびアドレスの少なくともいずれかを表す信号であることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 2 8) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記受信回路が生成する前記論理値は、前記信号を送信する装置で扱われる元の論理値であることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 4 】

(付記 2 9) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路および前記受信回路は、それぞれ別の半導体チップ上に形成されていることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 3 0) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路および前記受信回路は、同じ半導体チップ上に形成されていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 5 】

(付記 3 1) 付記 2 3 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記送信回路および前記受信回路は、複数の半導体チップ上にそれぞれ形成され、

前記各半導体チップは、前記他の半導体チップが出力する前記信号および前記基準タイミング信号をそれぞれ受信する第 1 入力回路および第 2 入力回路と、外部クロック信号に基づいて前記基準タイミング信号を生成する信号生成回路と、前記信号を出力する第 1 出力回路とを備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 6 】

(付記 3 2) 付記 3 1 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記各半導体チップは、前記基準タイミング信号を外部に出力する第 2 出力回路を備えていることを特徴とする入出力インタフェース。

(付記 3 3) 付記 3 2 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記第 2 入力回路の入力および前記第 2 出力回路の出力は、共通の外部端子に接続されていることを特徴とする入出力インタフェース。

【 0 1 1 7 】

(付記 3 4) 付記 3 1 記載の入出力インタフェースにおいて、

前記第 1 入力回路の入力および前記第 1 出力回路の出力は、共通の外部端子に

接続されていることを特徴とする入出力インタフェース。

（付記 3 5） 複数ビットで表現される論理値をそれぞれ所定の遅延時間に変換し、基準タイミング信号に対して前記遅延時間だけ遅れた前記信号を信号線に出力する送信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

【 0 1 1 8 】

（付記 3 6） 信号線を介して伝達される信号の遷移エッジの基準タイミング信号に対する遅延時間を検出し、この遅延時間に応じて論理値を生成する受信回路を備えていることを特徴とする半導体集積回路。

以上、本発明について詳細に説明してきたが、上記の実施形態およびその変形例は発明の一例に過ぎず、本発明はこれに限定されるものではない。本発明を逸脱しない範囲で変形可能であることは明らかである。

【 0 1 1 9 】

【発明の効果】

請求項 1 の入出力インタフェースでは、遷移エッジのタイミングの組み合わせによって、少ない信号線で大量のデータを伝送できる。1 回の信号の送信で大量のデータを伝送できるため、データの転送レートを大幅に向上できる。。

請求項 2 および請求項 3 の入出力インタフェースでは、信号の複数の遷移エッジにより論理を表現するため、より大量のデータを伝送できる。

請求項 4 および請求項 5 の半導体集積回路では、簡易な論理回路により大量のデータを伝送できる。

【 0 1 2 0 】

請求項 6 の入出力インタフェースでは、1 本の信号線で複数ビットの論理値を伝送できる。したがって、信号線の本数を従来に比べ減らすことができる。信号線の本数が少なく済むため、出力回路および入力回路の数を減らすことができ、消費電力を小さくできる。1 回の信号の送信で大量のデータを伝送できるため、データの転送レートを大幅に向上できる。また、信号線の配線領域を小さくできる。

【 0 1 2 1 】

請求項 7 の入出力インタフェースおよび請求項 9、1 0 の半導体集積回路では

、簡易な送信回路で論理値を信号に変換し、簡易な受信回路で信号を論理値に変換できる。

請求項 8 の入出力インタフェースでは、少ない信号線でデータの送受信ができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の基本原理を示す説明図である。

【図 2】

第 1 の実施形態における送信回路の詳細を示すブロック図である。

【図 3】

図 2 のプリデコーダの詳細を示すブロック図である。

【図 4】

論理値をデータバス線に出力する信号に変換するための変換テーブルである。

【図 5】

図 1 のデコーダ DEC1 およびセレクタ SEL1 の詳細を示す回路図である。

【図 6】

図 1 のデコーダ DEC5 およびセレクタ SEL5 の詳細を示す回路図である。

【図 7】

図 1 のエッジ生成回路内のエッジ生成部の詳細を示す回路図である。

【図 8】

第 1 の実施形態における受信回路の詳細を示すブロック図である。

【図 9】

図 8 の比較器の詳細を示す回路図である。

【図 10】

データバス線を介して受信した信号を元の論理値に復元するための変換テーブルである。

【図 11】

図 8 のデコーダの詳細を示す回路図である。

【図 12】

図 8 のデコーダの詳細を示す回路図である。

【図 1 3】

本発明の第 2 の基本原理を示す説明図である。

【図 1 4】

第 2 の実施形態を示すブロック図である。

【図 1 5】

図 1 4 の送信回路の詳細を示す回路図である。

【図 1 6】

図 1 4 の受信回路の遅延回路およびラッチ回路の詳細を示す回路図である。

【図 1 7】

図 1 4 の受信回路のエンコーダの詳細を示す回路図である。

【図 1 8】

第 2 の実施形態における送信回路および受信回路の動作を示すタイミング図である。

【図 1 9】

第 3 の実施形態を示すブロック図である。

【図 2 0】

第 4 の実施形態を示すブロック図である。

【図 2 1】

第 5 の実施形態を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1 0 装置
- 1 2 装置
- 1 4 データ送信回路
- 1 6 データ受信回路
- 1 8 プリデコーダ
- 2 0 遅延回路
- 2 0 a 遅延段
- 2 2 選択回路

- 2 3 b 比較器
- 2 4 選択回路
- 2 6 エッジ生成回路
- 2 6 a エッジ生成部
- 2 8 入力回路
- 3 0、3 2 比較回路
- 3 0 b 比較器
- 3 4、3 6 転送回路
- 3 8 デコーダ
- 4 0 送信回路
- 4 0 a リードアンプ
- 4 2 受信回路
- 4 4 デコーダ
- 4 6 可変遅延回路
- 4 8 出力部
- 5 0 遅延回路
- 5 2 a、5 2 b、5 2 c ラッチ
- 5 4 エンコーダ
- 5 6 デコーダ
- 5 8 データ生成回路
- 6 0、6 2 半導体集積回路
- 6 4 SIG入力バッファ
- 6 6 SIG出力バッファ
- 6 8 TZ入力バッファ
- 7 0 TZ出力バッファ
- 7 2 TZ生成回路
- 7 4 クロック入力バッファ
- 7 6 メモリインタフェースデバイス
- 7 8 半導体メモリデバイス

8 0 アドレス入力バッファ

8 2 コマンド入力バッファ

CLK 外部クロック信号

D0-D8 論理値

DA、DB、DC、DD データバス

DATA データバス線

DLY1、DLY2、DLY3、DLY4 遅延信号

DT0、DT1 論理値、データ

N1-N8 タイミング信号

RDT0、RDT1 論理値

SIG 信号

STD 基準信号

T0、T1、T2、T3 デコード信号

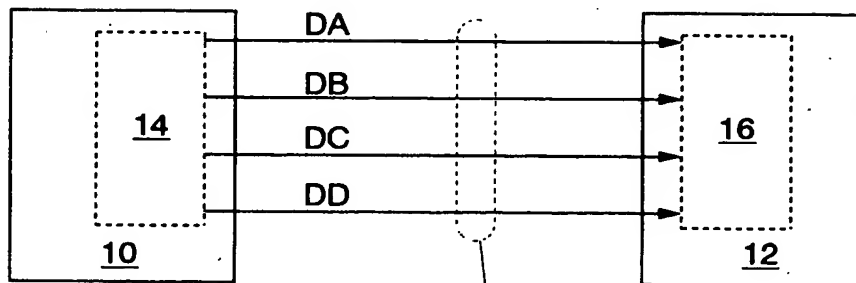
TDZ1、TDZ2、TDZ3、TDZ4 タイミング信号

TZ 基準タイミング信号

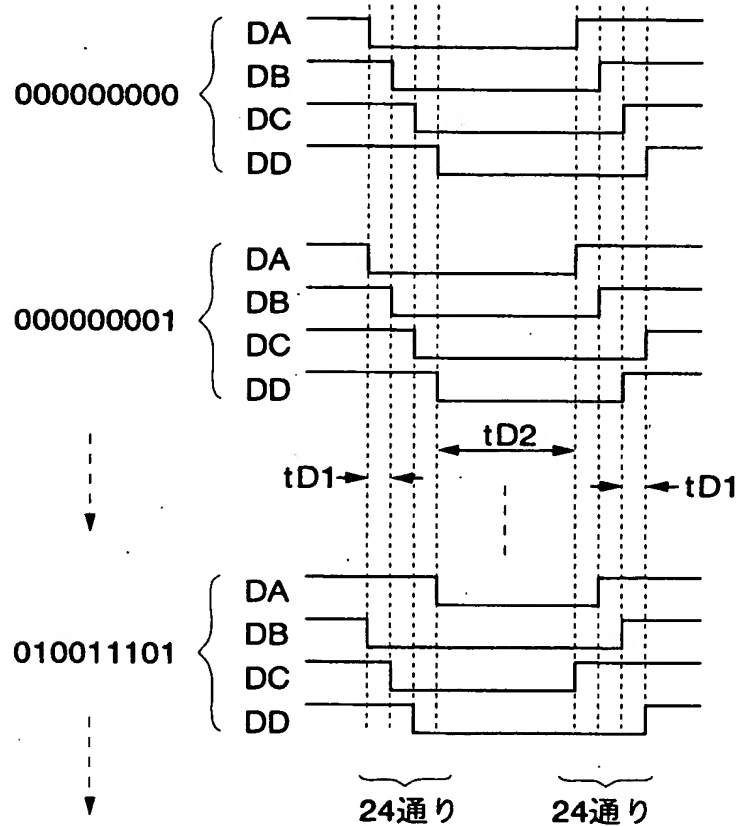
【書類名】 図面

【図 1】

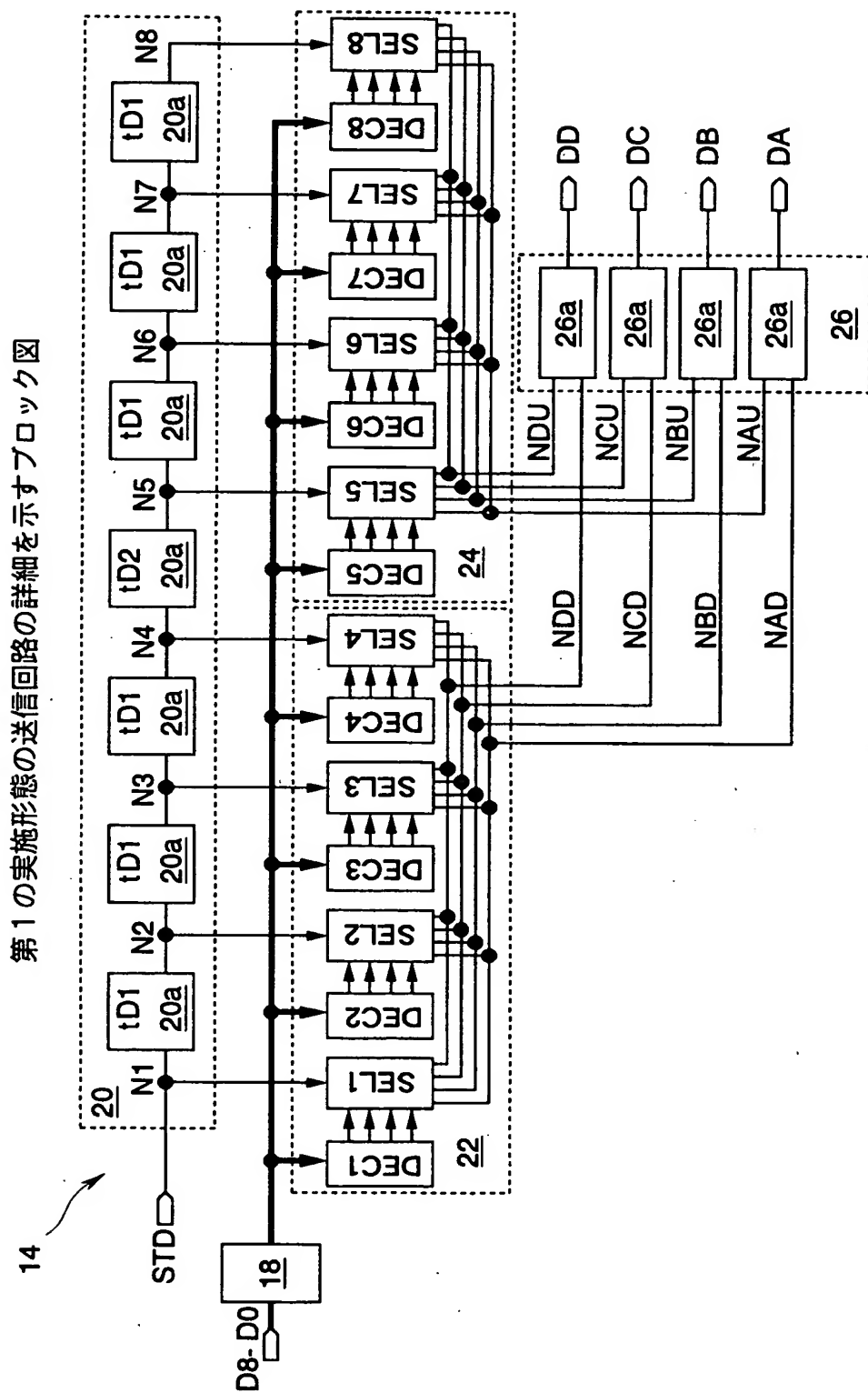
本発明の第 1 の基本原理を示す説明図



データの論理値(2進)
D8,7,8,5,4,3,2,1,0

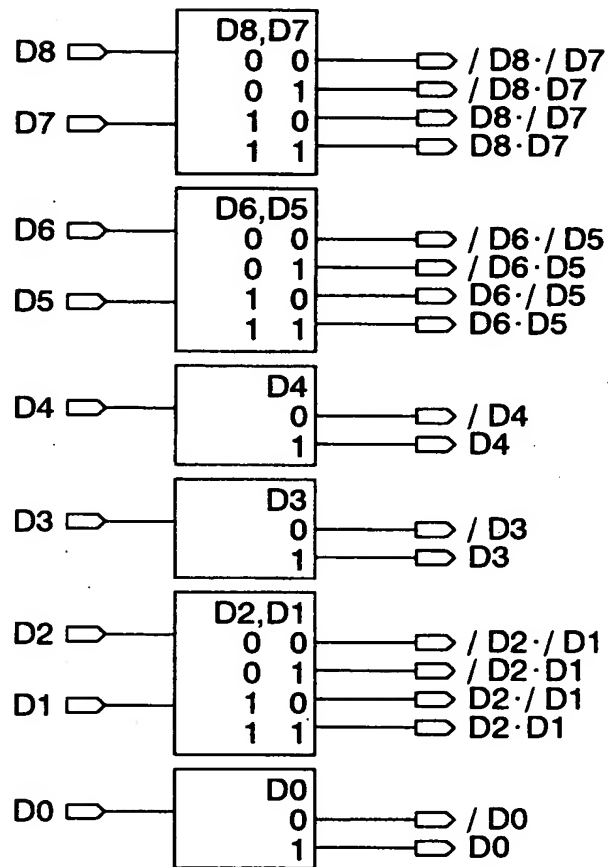


【図 2】



【図 3】

18 プリデコーダの詳細を示すブロック図



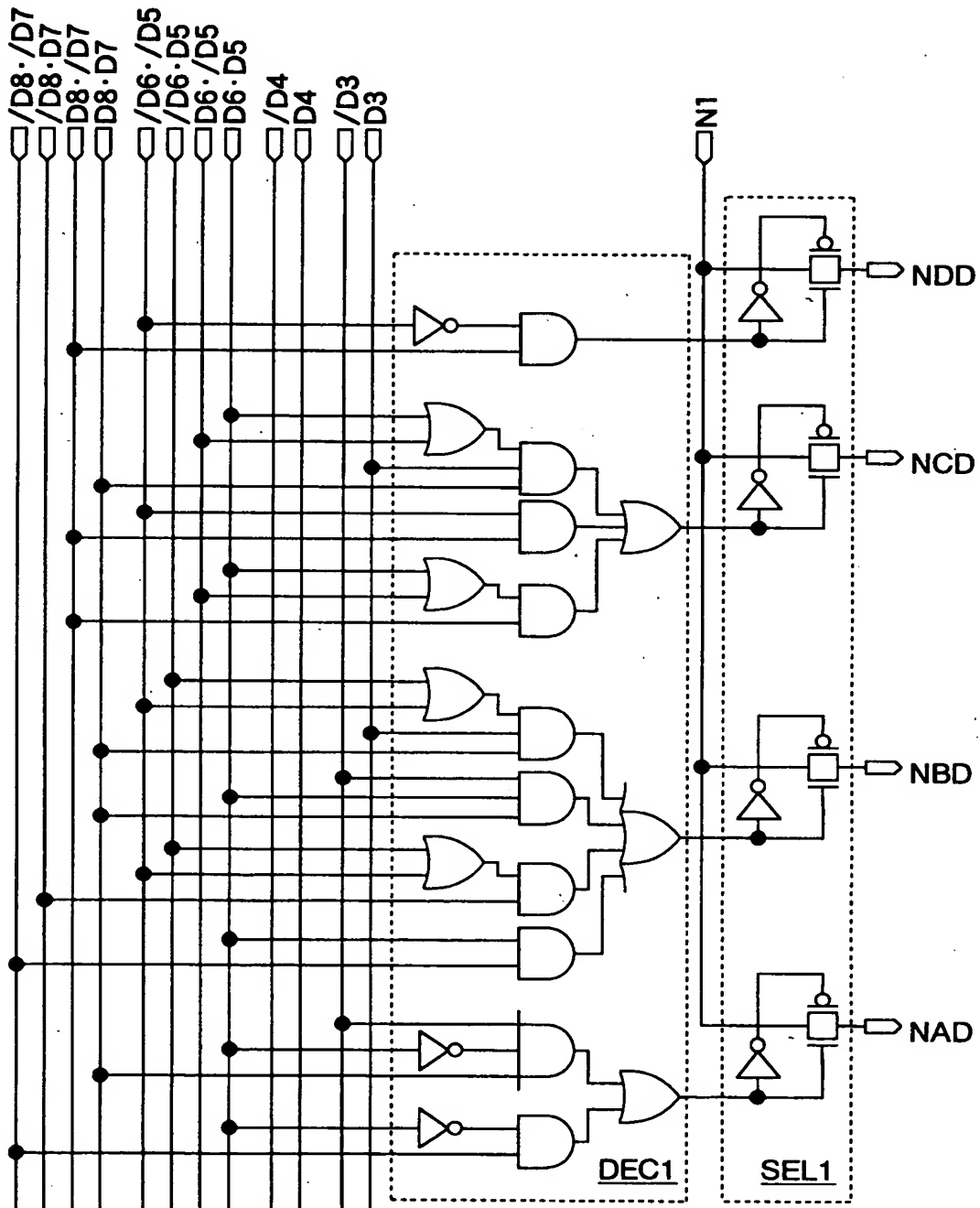
【図 4】

論理値をデータバス線に出力する信号に変換する変換テーブル

番号	エッジ の順番	前エッジ用										後エッジ用			
		論理L1					論理L2					D8,7	D3	D2,1	D0
		D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5				
0	ABCD	00	00	0	0	11	00	0	0	11bar	0	00	0	0	0
1	ABDC	00	00	1	0	11	00	1	0	11bar	0	00	1	0	1
2	ACBD	00	01	0	0	11	01	0	0	11bar	0	01	0	0	0
3	ACDB	00	01	1	0	11	01	1	0	11bar	0	01	1	0	1
4	ADBC	00	10	0	0	11	10	0	0	11bar	0	10	0	0	0
5	ADCB	00	10	1	0	11	10	1	0	11bar	0	10	1	0	1
6	BACD	00	11	0	0	11	11	0	0	11bar	0	11	0	0	0
7	BADC	00	11	1	0	11	11	1	0	11bar	0	11	1	0	1
8	BCAD	01	00	0	0	11	00	0	1	11bar	1	00	0	0	0
9	BCDA	01	00	1	0	11	00	1	1	11bar	1	00	1	0	1
10	BDAC	01	01	0	0	11	01	0	1	11bar	1	01	0	0	0
11	BDCA	01	01	1	0	11	01	1	1	11bar	1	01	1	0	1
12	CABD	01	10	0	0	11	10	0	1	11bar	1	10	0	0	0
13	CADB	01	10	1	0	11	10	1	1	11bar	1	10	1	0	1
14	CBAD	01	11	0	0	11	11	0	1	11bar	1	11	0	0	0
15	CBDA	01	11	1	0	11	11	1	1	11bar	1	11	1	0	1
16	CDAB	10	00	0	0	11	00	0	0	11	-	00	0	0	0
17	CDBA	10	00	1	0	11	00	1	0	11	-	00	1	0	1
18	DABC	10	01	0	0	11	01	0	0	11	-	01	0	0	0
19	DACB	10	01	1	0	11	01	1	0	11	-	01	1	0	1
20	DBAC	10	10	0	0	11	10	0	0	11	-	10	0	0	0
21	DBCA	10	10	1	0	11	10	1	0	11	-	10	1	0	1
22	DCAB	10	11	0	0	11	11	0	0	11	-	11	0	0	0
23	DCBA	10	11	1	0	11	11	1	0	11	-	11	1	0	1

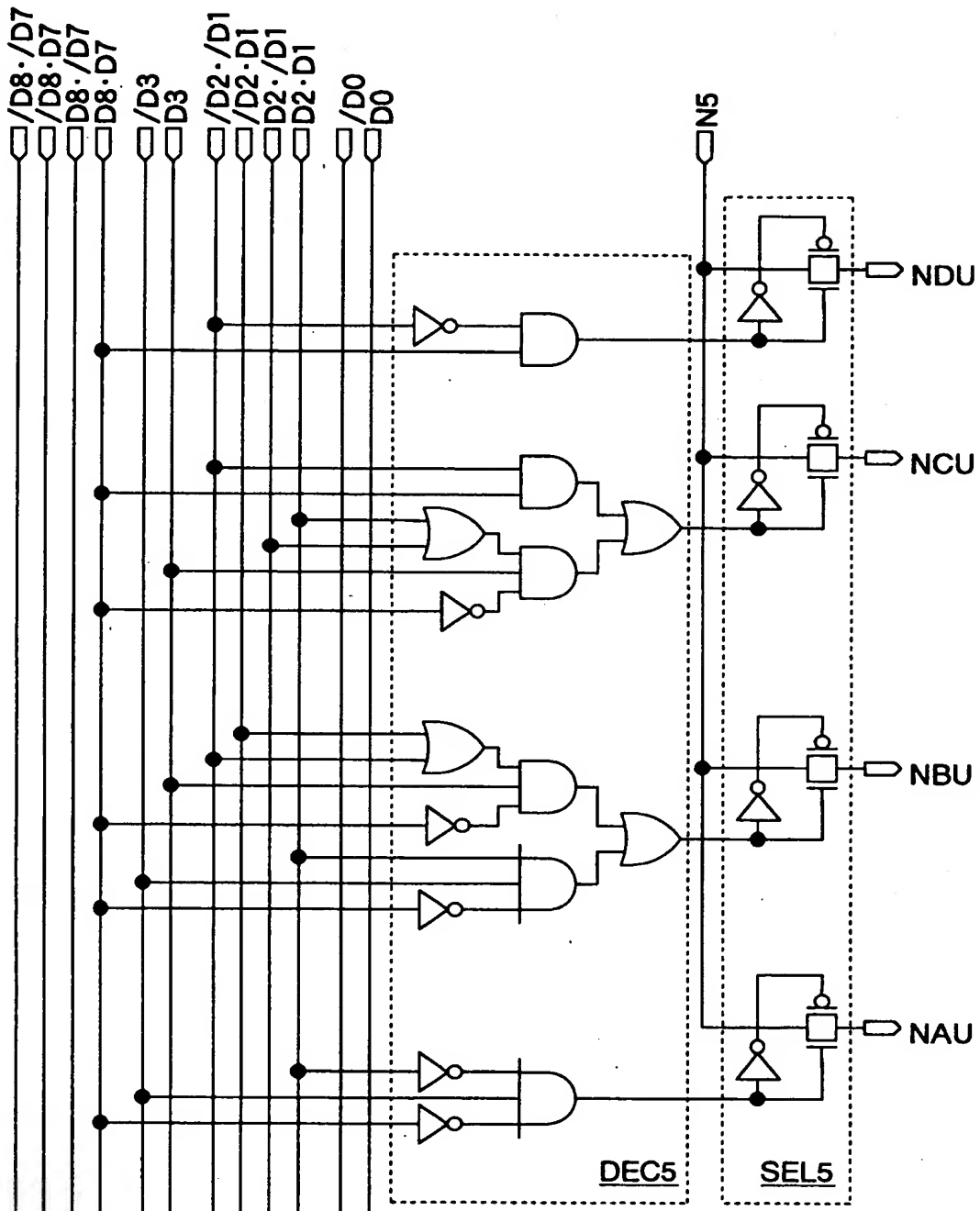
【図 5】

前エッジを生成するデコーダおよびセレクタの詳細を示す回路図



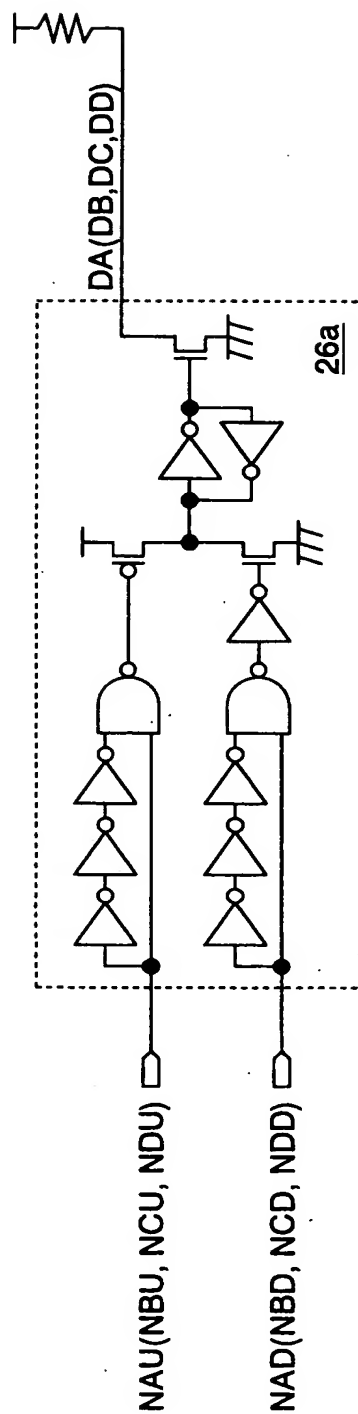
【図 6】

後エッジを生成するデコーダおよびセレクタの詳細を示す回路図

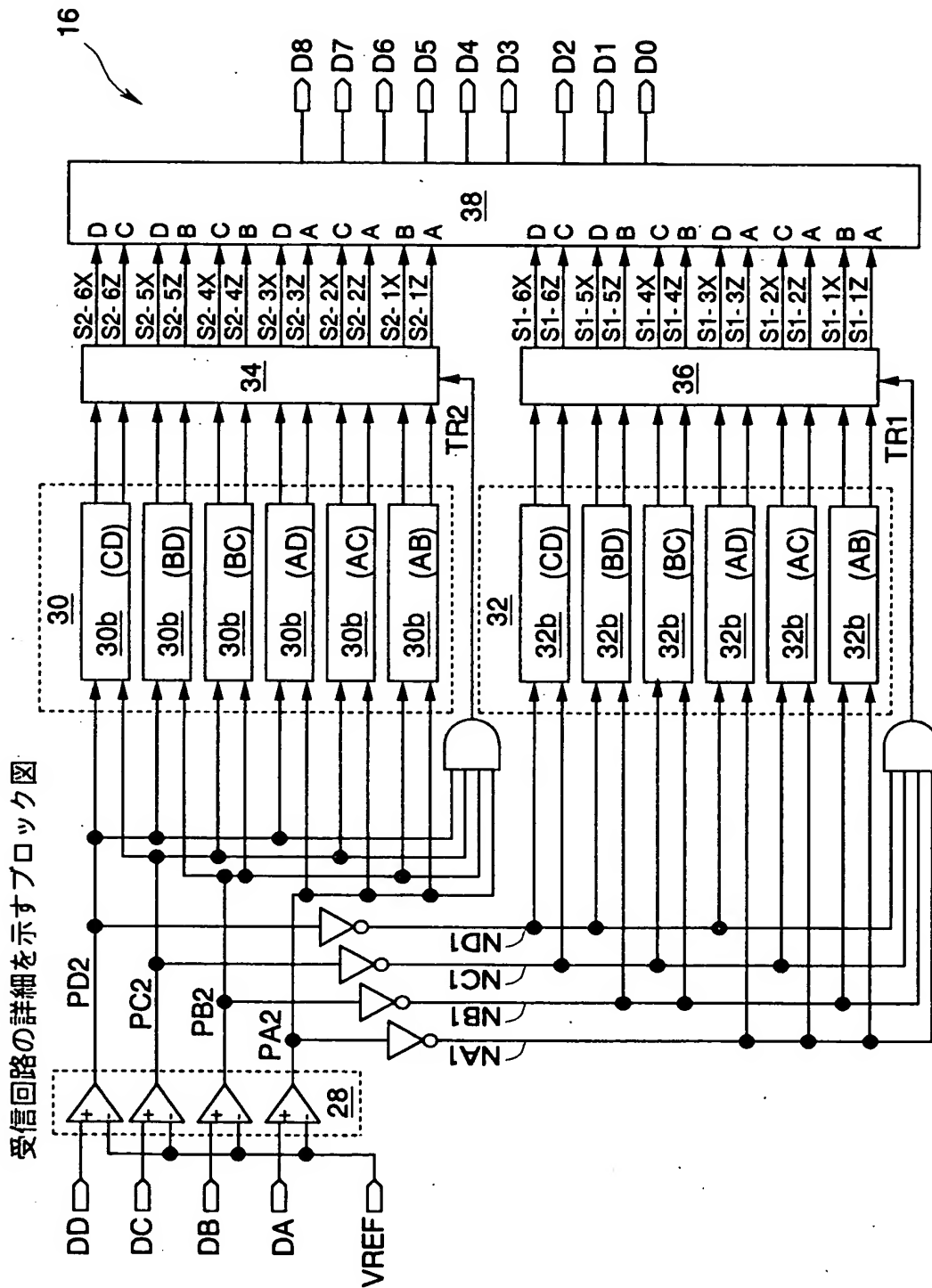


【図 7】

エッジ生成部の詳細を示す回路図

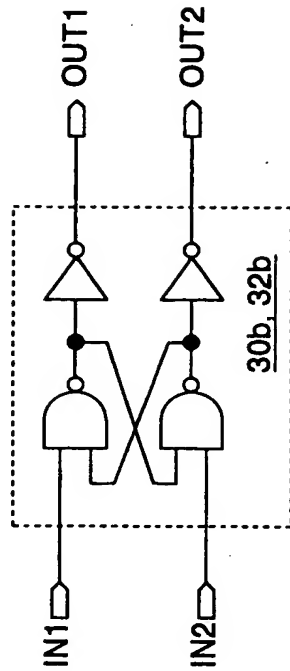


【図 8】



【図 9】

比較器の詳細を示す回路図



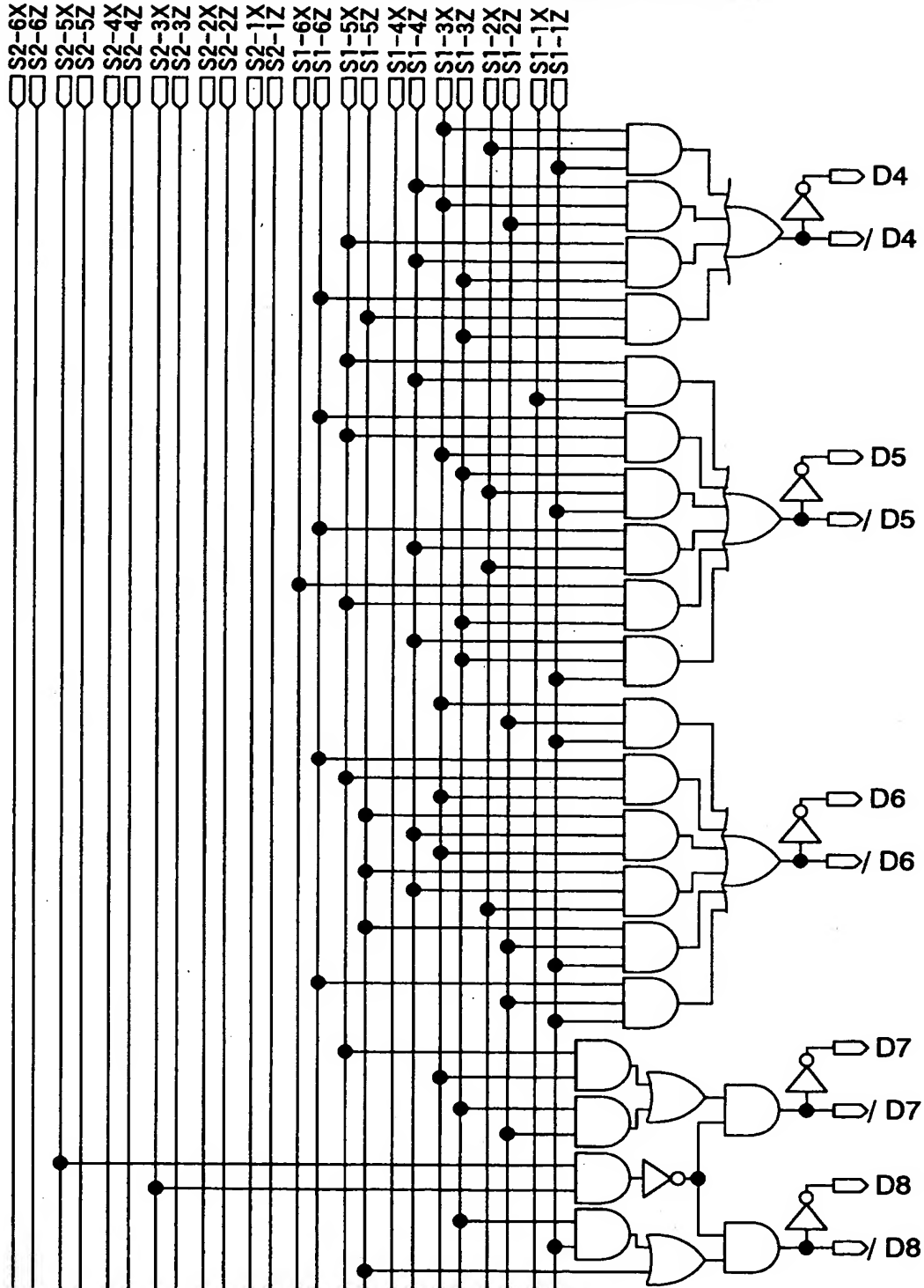
【図 1 0】

データバス線を介して受信した信号を元の論理値に変換する変換テーブル

		前エッジ用												後エッジ用											
エッジ 番号	エッジ の順番	比較器32bの 出力OUT												比較器30bの 出力OUT											
		論理L1				論理L2				論理L1				論理L2				論理L1				論理L2			
		D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5	D4	D3	D8,7	D6,5	D4	D3
0	ABCD	11111	00	00	0	11	00	0	0	11	00	0	0	11111	1	1	1	11bar	0	00	0	11bar	0	00	0
1	ABDC	11110	00	00	1	11	00	1	0	11	00	1	0	11110	1	1	1	11bar	0	00	1	11bar	0	00	1
2	ACBD	11101	00	01	0	11	01	0	0	11	01	0	0	11101	1	1	1	11bar	0	01	0	11bar	0	01	0
3	ACDB	11100	00	01	1	11	01	1	0	11	01	1	0	11100	1	1	1	11bar	0	01	1	11bar	0	01	1
4	ADBC	11100	00	10	0	11	10	0	0	11	10	0	0	11100	1	1	1	11bar	0	10	0	11bar	0	10	0
5	ADCB	11100	00	10	1	11	10	1	0	11	10	1	0	11100	1	1	1	11bar	0	10	1	11bar	0	10	1
6	BACD	01111	00	11	0	11	11	0	0	11	11	0	0	01111	1	1	1	11bar	0	11	0	11bar	0	11	0
7	BADC	01110	00	11	1	11	11	1	0	11	11	1	0	01110	1	1	1	11bar	0	11	1	11bar	0	11	1
8	BCAD	00111	01	00	0	11	00	0	1	11	00	0	1	00111	1	1	1	11bar	1	00	0	11bar	1	00	0
9	BCDA	00011	01	00	1	11	00	1	1	11	00	1	1	00011	1	1	1	11bar	1	00	1	11bar	1	00	1
10	BDAC	01010	01	01	0	11	01	0	1	11	01	0	1	01010	1	1	1	11bar	1	01	0	11bar	1	01	0
11	BDCA	00010	01	01	1	11	01	1	1	11	01	1	1	00010	1	1	1	11bar	1	01	1	11bar	1	01	1
12	CABD	10101	01	10	0	11	10	0	1	11	10	0	1	10101	1	1	1	11bar	1	10	0	11bar	1	10	0
13	CADB	10100	01	10	1	11	10	1	1	11	10	1	1	10100	1	1	1	11bar	1	10	1	11bar	1	10	1
14	CBAD	00101	01	11	0	11	11	0	1	11	11	0	1	00101	1	1	1	11bar	1	11	0	11bar	1	11	0
15	CBDA	00001	01	11	1	11	11	1	1	11	11	1	1	00001	1	1	1	11bar	1	11	1	11bar	1	11	1
16	CDAB	10000	10	00	0	11	00	0	1	11	00	0	1	10000	1	1	1	11	-	00	0	11	-	00	0
17	CDBA	00000	10	00	1	11	00	1	1	11	00	1	1	00000	1	1	1	11	-	00	1	11	-	00	1
18	DABC	11010	10	01	0	11	01	0	1	11	01	0	1	11010	1	1	1	11	-	01	0	11	-	01	0
19	DACB	11000	10	01	1	11	01	1	1	11	01	1	1	11000	1	1	1	11	-	01	1	11	-	01	1
20	DBAC	01010	10	10	0	11	10	0	1	11	10	0	1	01010	1	1	1	11	-	10	0	11	-	10	0
21	DBCA	00010	10	10	1	11	10	1	1	11	10	1	1	00010	1	1	1	11	-	10	1	11	-	10	1
22	DCAB	10000	10	11	0	11	11	0	1	11	11	0	1	10000	1	1	1	11	-	11	0	11	-	11	0
23	DCBA	00000	10	11	1	11	11	1	1	11	11	1	1	00000	1	1	1	11	-	11	1	11	-	11	1

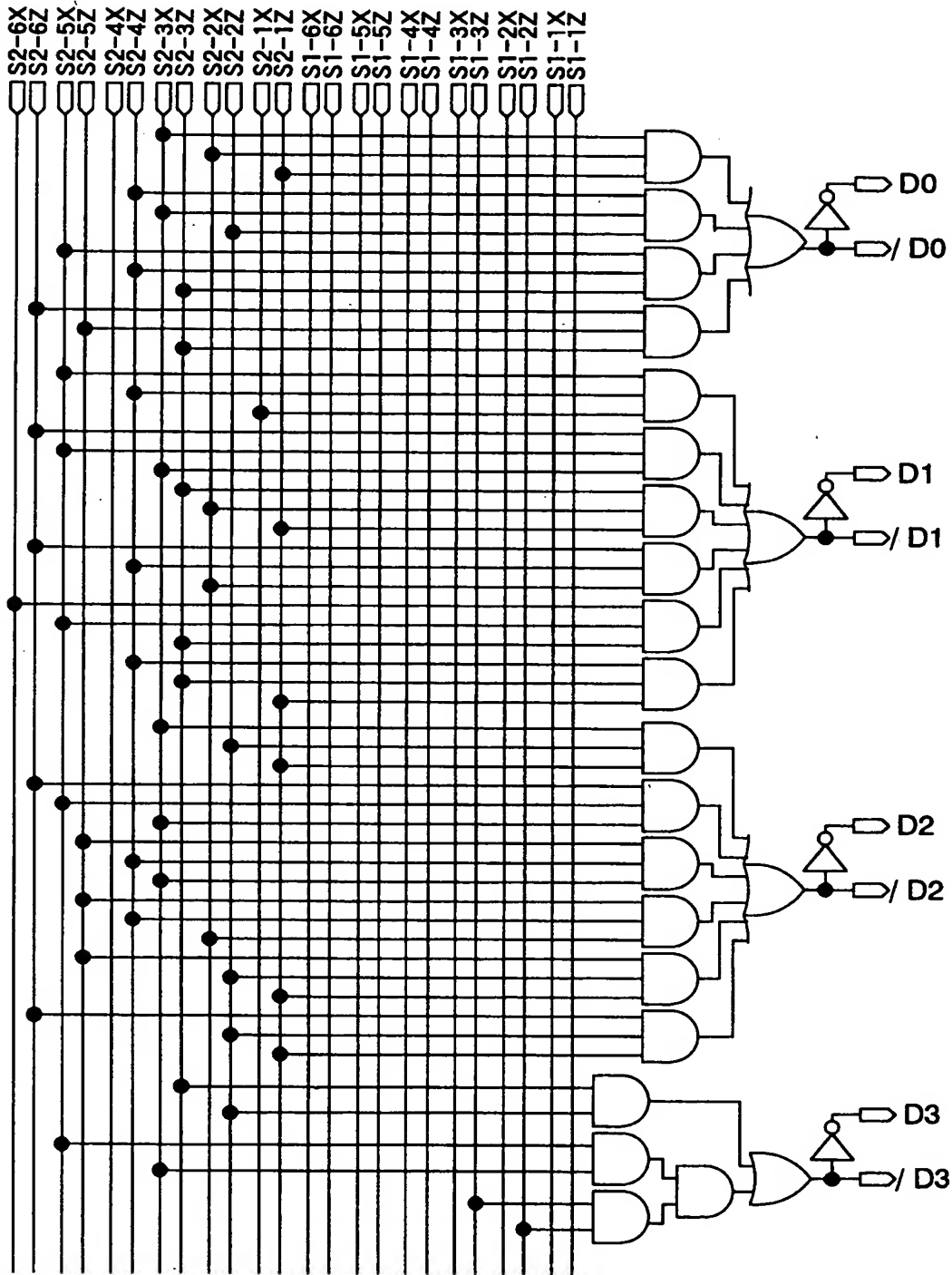
【図 11】

データ受信回路のデコードの詳細を示す回路図



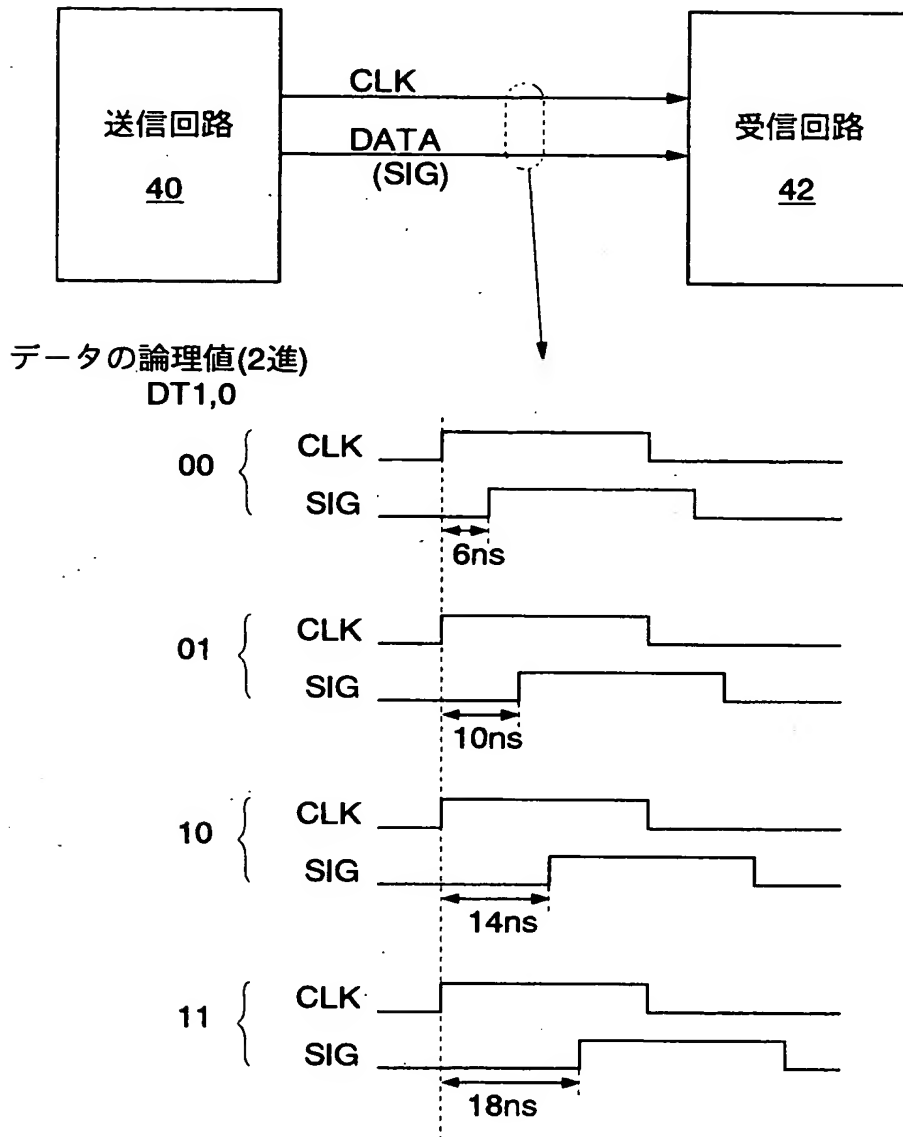
【図 12】

データ受信回路のデコーダの詳細を示す回路図

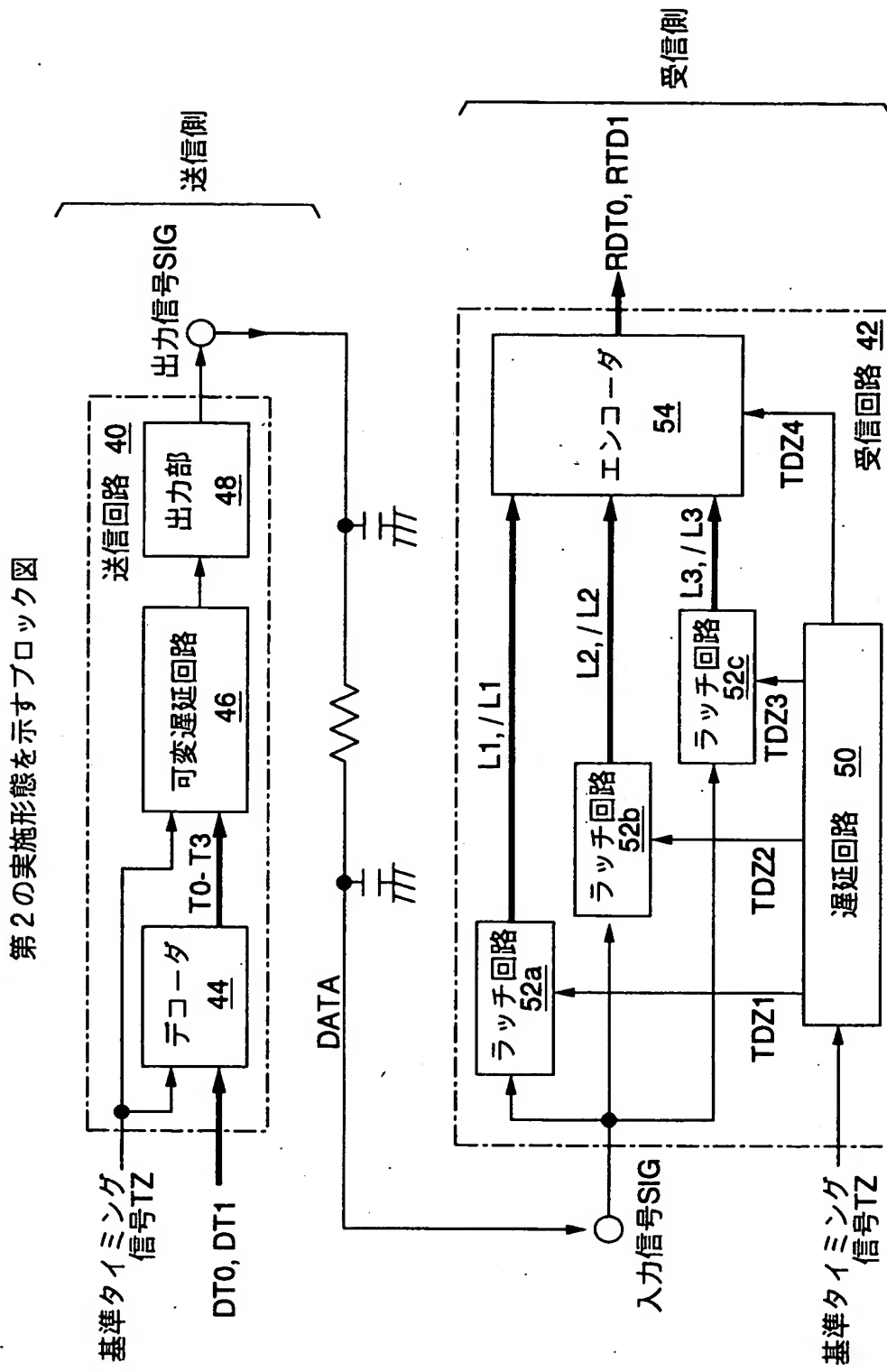


【図 1 3】

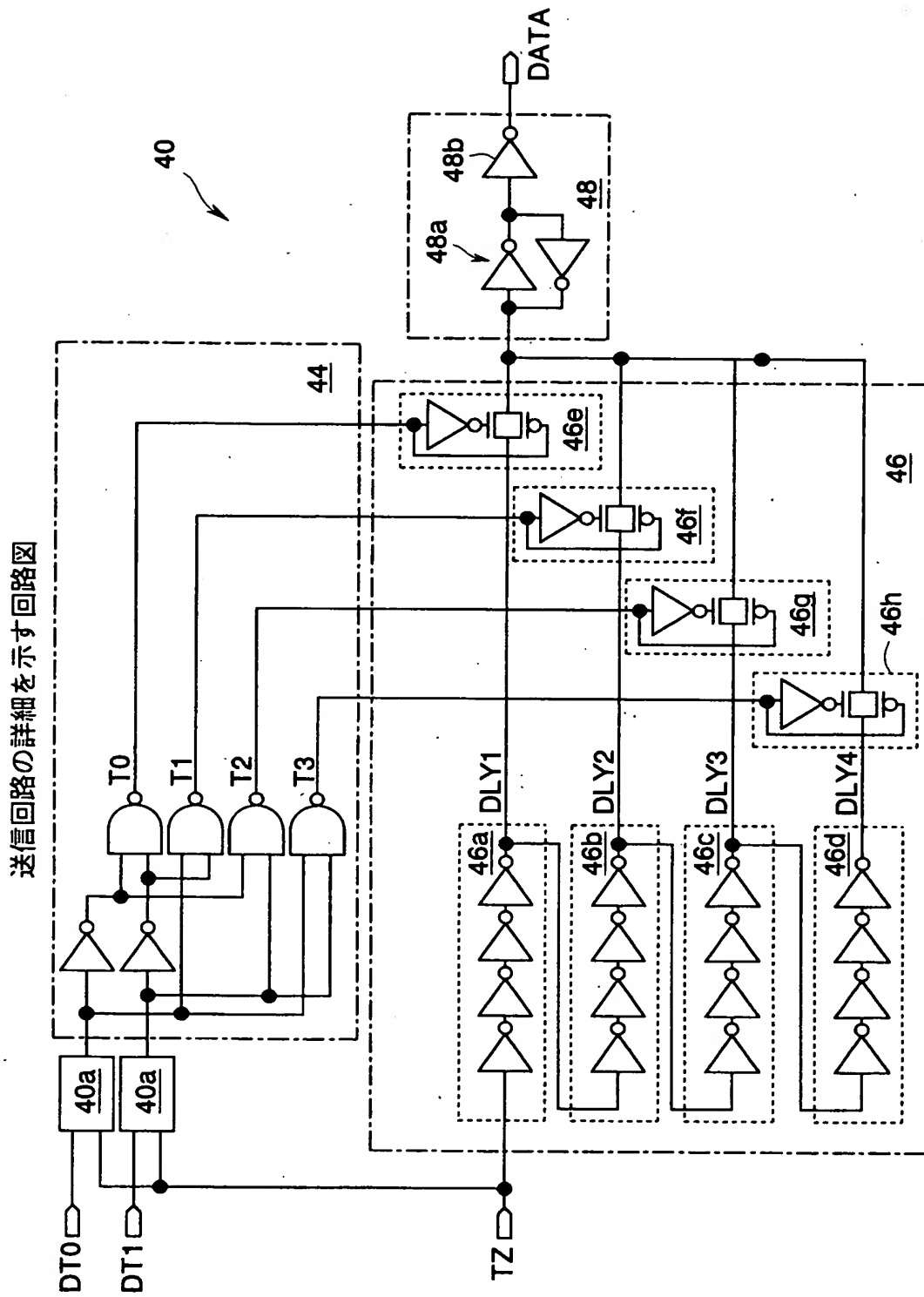
本発明の第 2 の基本原理を示す説明図



【図 14】

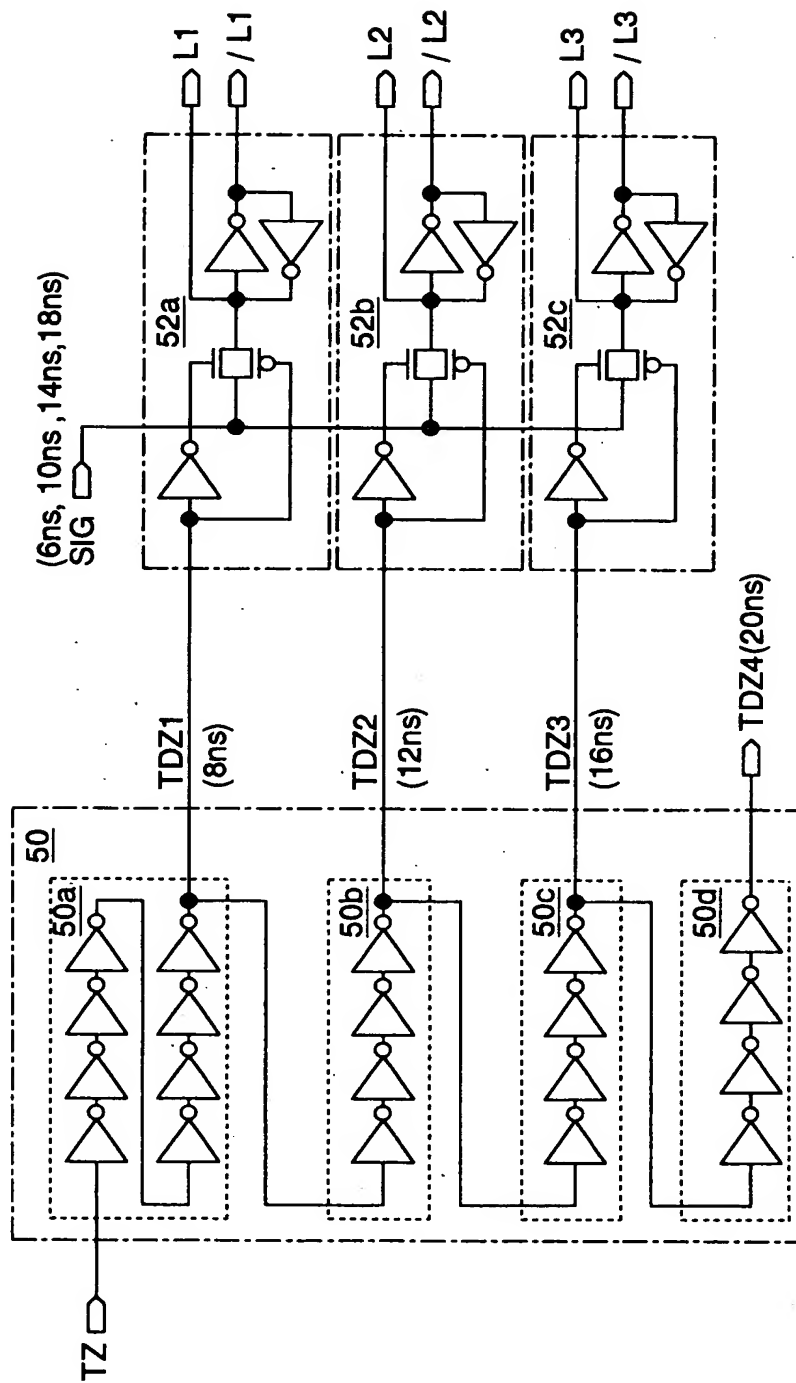


【図 15】

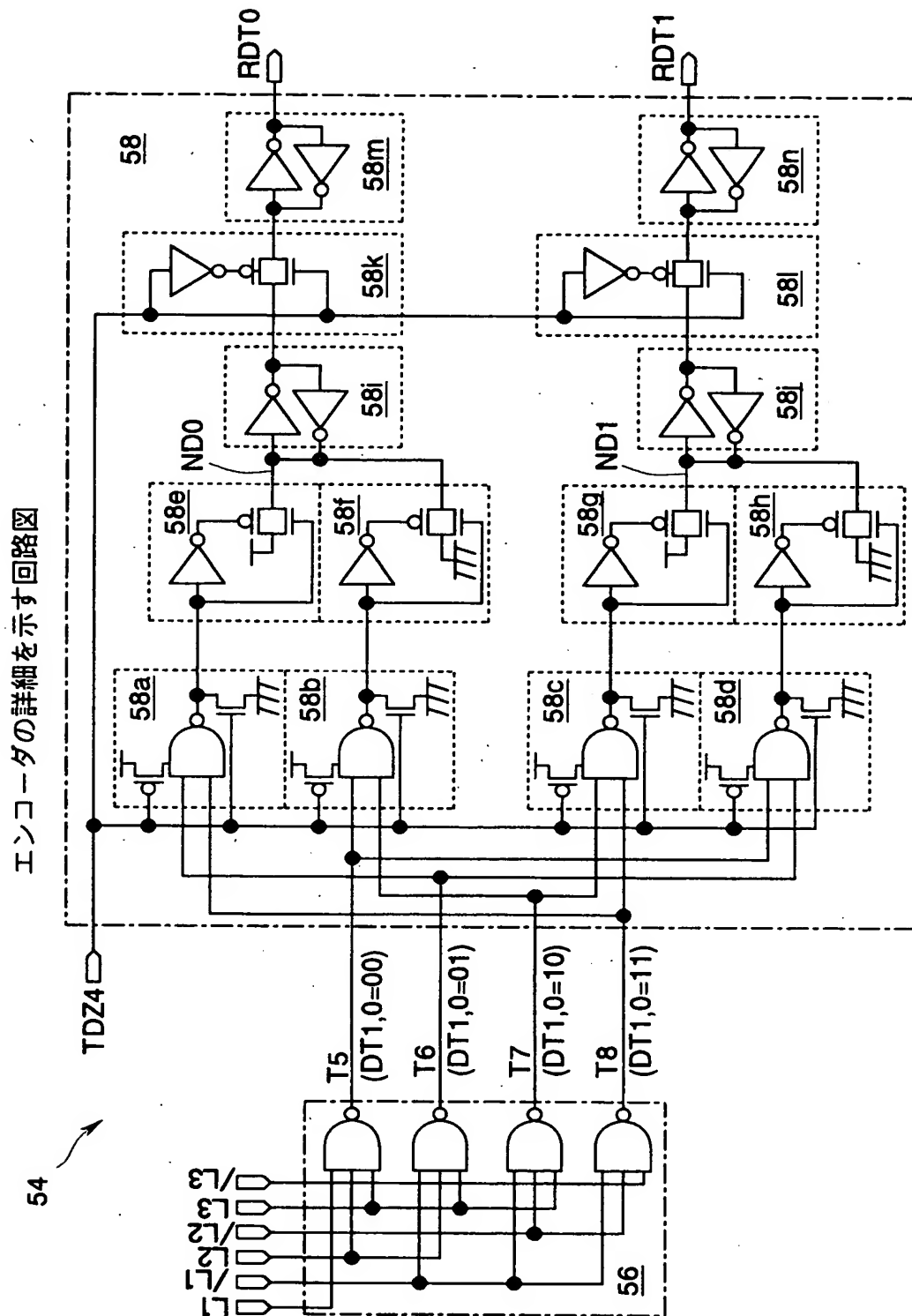


【図 16】

遅延回路およびラッチの詳細を示す回路図

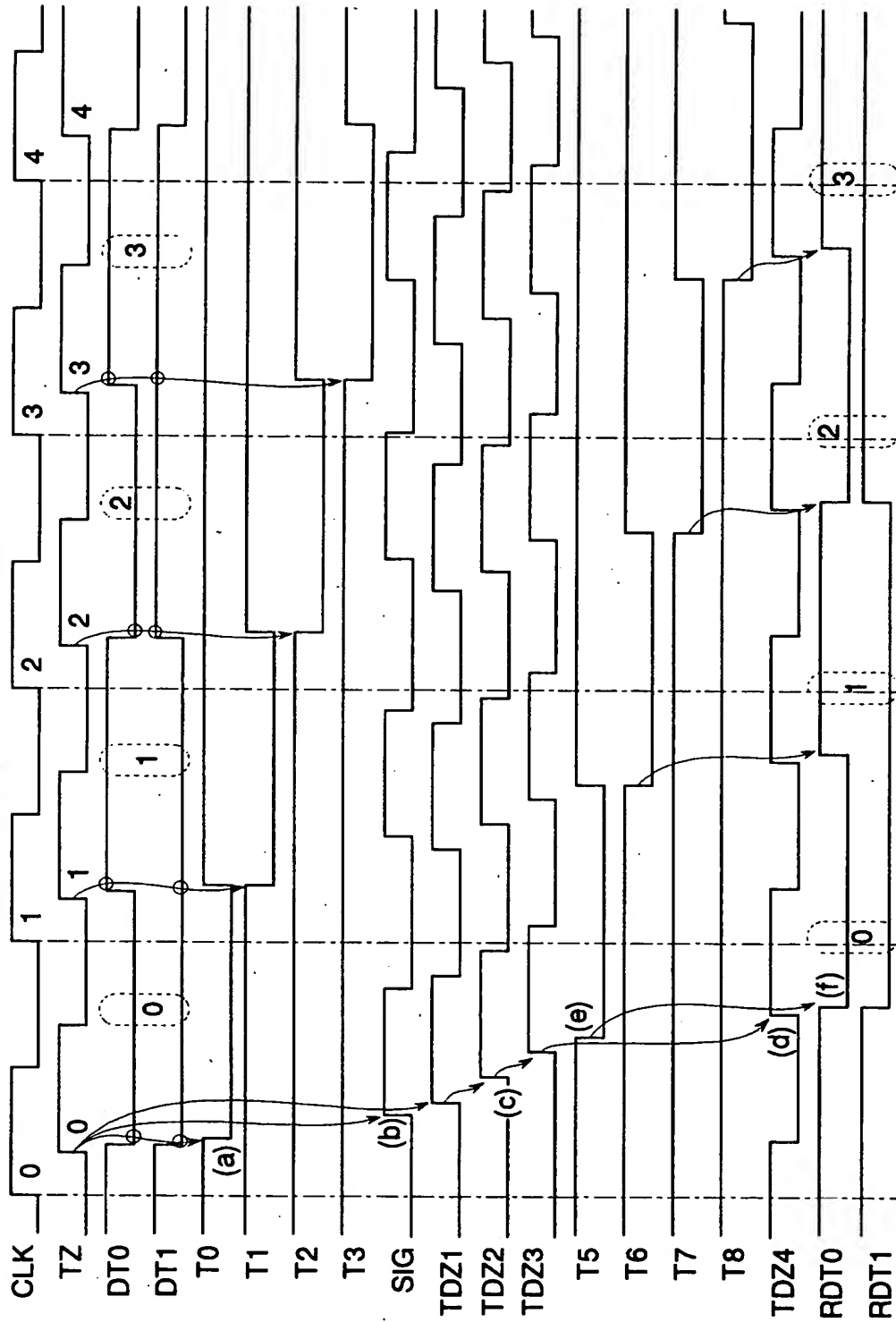


【図 17】



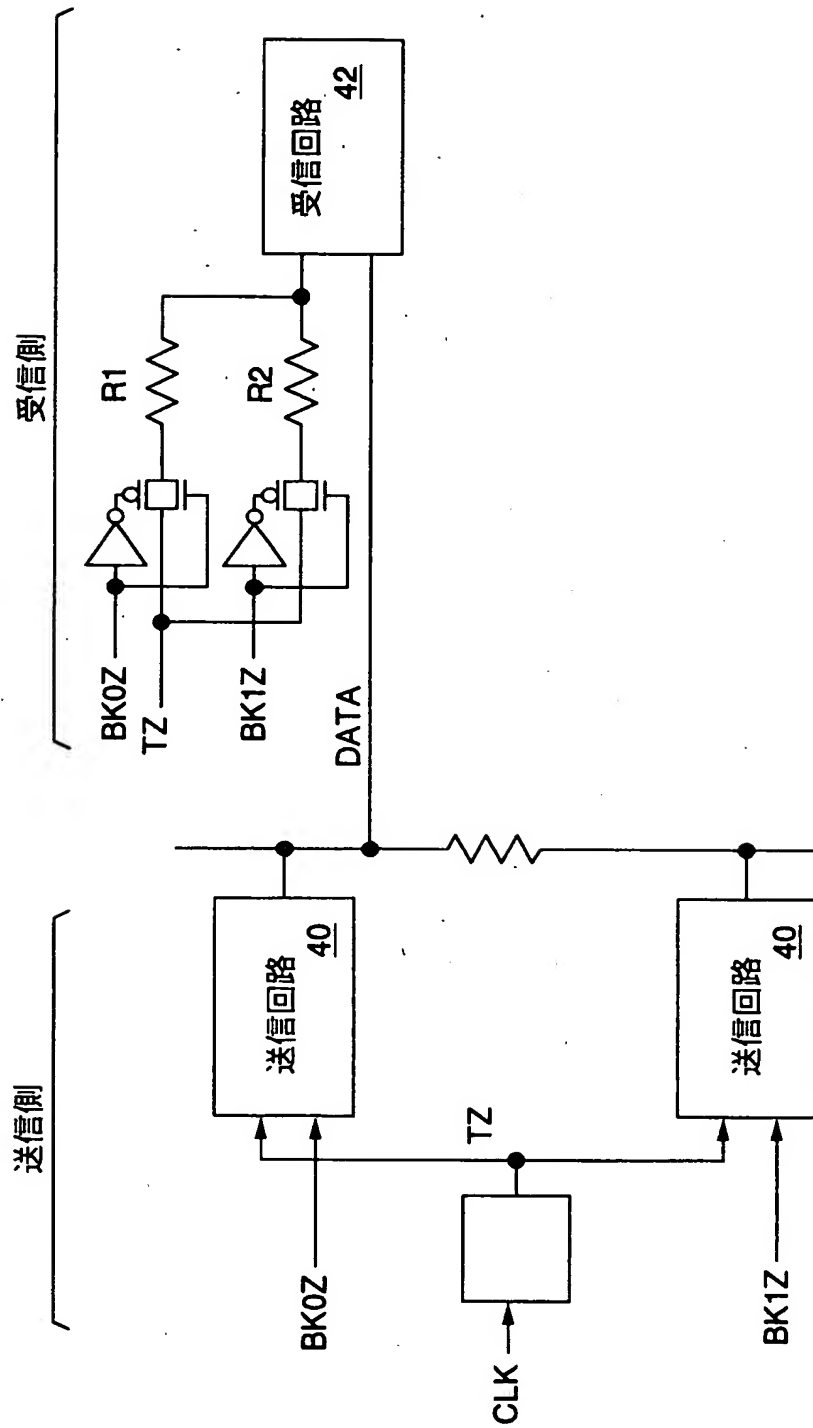
【図 18】

第2の実施形態の動作を示すタイミング図



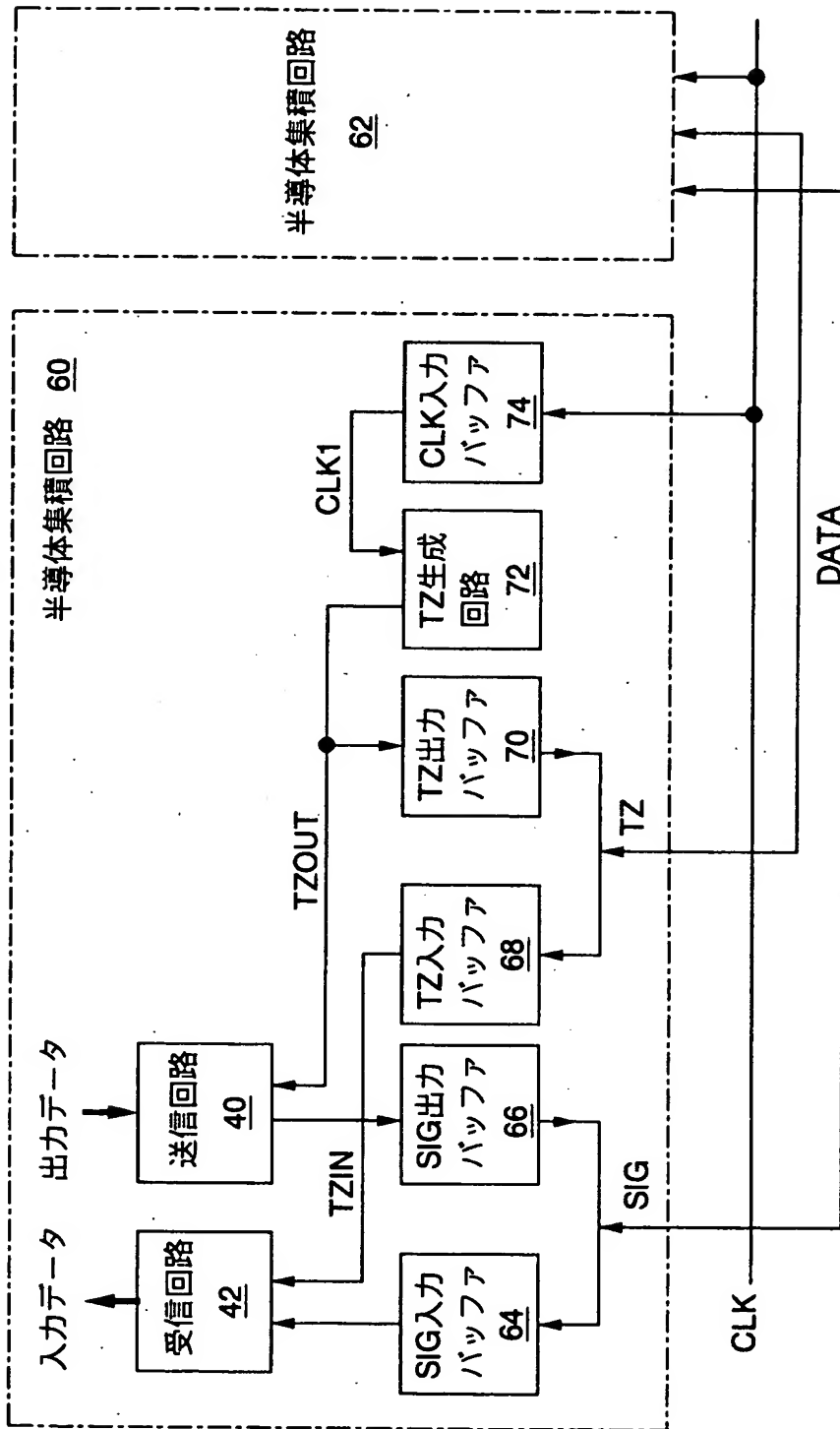
【図19】

第3の実施形態を示すブロック図



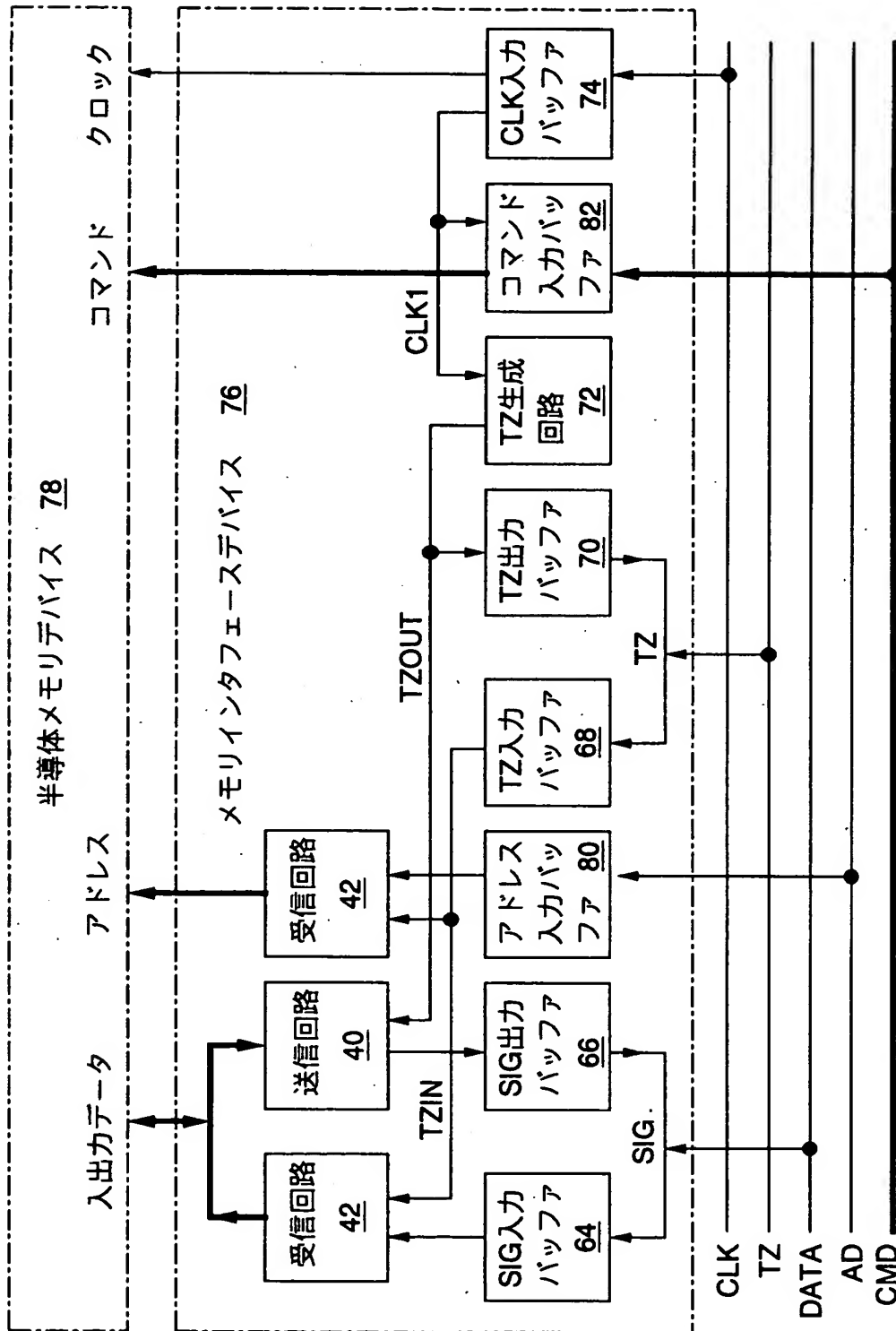
【図 20】

第4の実施形態を示すブロック図



【図 21】

第5の実施形態を示すブロック図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号を送受信するための入出力インタフェースに関し、少ない信号線で大量のデータを伝送し、消費電力を削減する。

【解決手段】 複数の信号線上をそれぞれ伝達される複数の信号の遷移エッジのタイミングの順序によって、論理値を表現される。または、信号線上を伝達される信号の遷移エッジと基準タイミング信号の遷移エッジとの時間差によって、論理値が表現される。このため、1本の信号線で大量のデータを伝送できる。1回の信号の送信で大量のデータを伝送できるため、データの転送レートを大幅に向上できる。信号線の本数が少なくて済むため、信号の入力回路および出力回路の数を減らすことができ、消費電力を小さくできる。また、信号線の本数が少なくて済むため、信号線の配線領域を小さくできる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社